

ÖZE ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT

HERAUSGEGEBEN VOM VERBAND DER ELEKTRIZITÄTSWERKE ÖSTERREICHS
ORGAN DES ÖSTERREICHISCHEN NATIONALKOMITEES DER WELTKRAFTKONFERENZ

SCHRIFTLEITUNG: DR.-ING. KURT SELDEN, WIEN

SPRINGER-VERLAG IN WIEN

13. Jahrgang

Dezember 1960

Heft 12, Seite 679—706



**220-kV-
LEITUNG
KAPRUN-
ST. PETER**

V E R B U N D G E S E L L S C H A F T

EINKAUFSGENOSSENSCHAFT ÖSTERREICHISCHER ELEKTRIZITÄTWERKE

registrierte Genossenschaft mit beschränkter Haftung

WIEN IX, ALSERSTRASSE 44

Telegrammadresse: Elektroerwerb Wien, Telefon: 33 55 30, 33 43 39, Fernschr.: 1258

**Die Großhandlung
für Elektrizitätswerke und Lichtgenossenschaften**

liefert alle erforderlichen

Betriebs- und Installationsmaterialien für Hoch- und Niederspannung

Motoren

Transformatoren

Generatoren

Schaltmaterialien

Isolatoren

Isolatorenstützen

Freileitungsseile

Erdkabel

Verbindungsmaterial

usw.

Isolierte Drähte

Isolierrohr und Zubehör

Schalter und Steckdosen

Glühlampen

Beleuchtungskörper

Heiz- und Kochgeräte

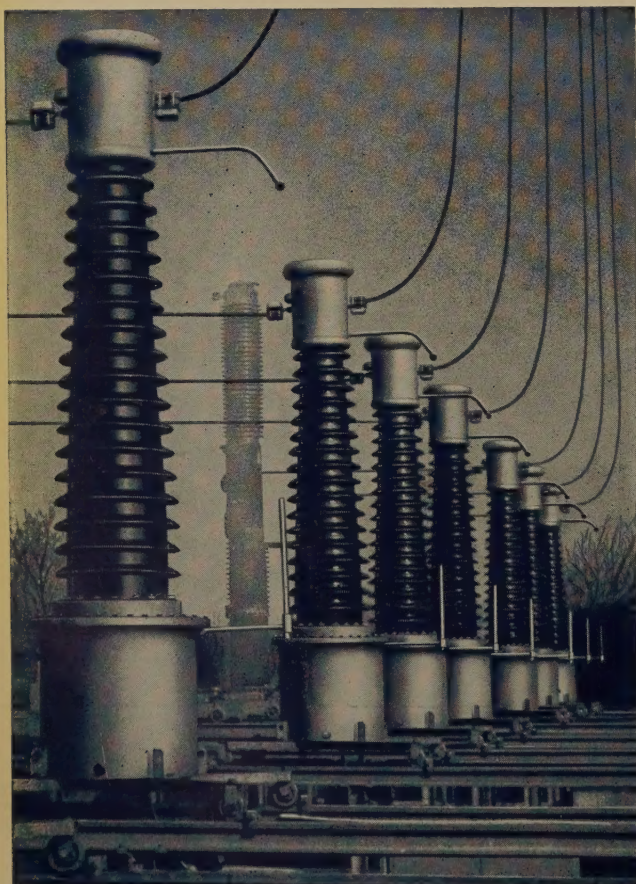
Sicherungsmaterial

Isoliermaterialien

Werkzeuge



Reich sortiertes Lager!



MOSER-GLASER & CO., AG.

Muttenz bei Basel • Schweiz

Strom- und Spannungswandler
in ÖI bis 220 kV



Vertretung:

DIPL.-ING. W. WOLF

Graz, Kaiserfeldgasse 22

Telephon: 81-8-52 • Fernschreiber: 033-57

Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Herausgegeben vom Verband der Elektrizitätswerke Österreichs
Organ des Österreichischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz

Schriftleitung: Dr.-Ing. Kurt Selden, Wien
Springer-Verlag/Wien

13. Jahrgang

Dezember 1960

Heft 12

Inhaltsverzeichnis

Originalarbeiten:

MUCKENHUBER, R.: Die Fehlerströme in einem elektrischen Netz als Funktionen des Fehlerortes. Mit 9 Textabbildungen	679
RUPP, E.: Betrachtungen über die Auswahl einer geeigneten Blindverbrauchzählertypen für Hochspannungsnetze. Mit 9 Textabbildungen	684
Mitteilungen aus aller Welt	691
Energiewirtschaftliche Kurzberichte	693
Zeitschriftenschau	697
Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs	697
Mitteilungen des Bundeslastverteilers	698
Buchbesprechungen	701
Berichtigung	703
Mitteilungen der Industrie	704
Beilage: Das Atomkraftwerk, 3. Jahrgang (1960), Nr. 5/6. HIGATSBERGER, M. J.: Reaktorzentrum Seibersdorf. Mit 13 Textabbildungen	29
Beilage: Elektrowärme, 8. Jahrgang (1960), Nr. 5/6. MODITZ, H.: Stromversorgung von Widerstandsschweißmaschinen. Mit 12 Textabbildungen	33
NEIDHARDT, H. U.: Grundlagen und Geräte für den Lastausgleich bei Widerstandsschweißmaschinen. Mit 18 Textabbildungen	43
Beilage: Licht und Beleuchtung, 8. Jahrgang (1960), Nr. 4. RUZICKA, H.: Ton- und Lichtspiele im Oberen Belvedere. Mit 4 Textabbildungen	13

Firmenverzeichnis

zu den in diesem Heft enthaltenen Anzeigen

	Seite
AEG-Austria	
Wien I, Schellinggasse 4	III
Alfa-Laval Aktiengesellschaft	
Wien XII, Wienerbergstraße 31	IX
Barth Josef	
Wien X, Katharinengasse 12	VIII
Burde, R. Kurt & Co.	
Wien IV, Prinz-Eugen-Straße 70	VIII
Concordia G. m. b. H.	
Stuttgart, Talstraße 41	
Alleinvertretung	
Dipl.-Ing. Fritz Tausche,	
Inh. Dipl.-Ing. Unterberger,	
Innsbruck, Maximilianstraße 9	VII
Danubia A. G.	
Wien XIX, Krottenbachstraße 82-88	V, XVI
Dietzel, Ing. Alfred	
Wien V, Bräuhäusgasse 63	XVI
Ehrentletzberger	
Eisengroßhandels-AG.	
Wien I, Burgring 1	IV
Einkaufsgenossenschaft	
Österreichischer Elektrizitätswerke	
reg. Gen. m. b. H.	
Wien IX, Alserstraße 44	II
Elektrometer G. m. b. H.	
Wien I, Franz-Josefs-Kai 47	VII
ELIN-UNION Aktiengesellschaft	
für elektrische Industrie	
Wien I, Volksgartenstraße 3	XIII
„Elix“ Allgemeine Glühlampenfabriks-	
Aktiengesellschaft	
Wien I, Doblhoffgasse 5	VI
Felten & Guilleaume, Fabrik elektr. Kabel	
Stahl- und Kupferwerke A. G.	
Wien X, Gudrunstraße 11	VI

Gossen & Co. GmbH.	Seite
Erlangen	
Vertretung in Österreich:	
Gustav Gottwald	
Wien I, Stubenring 14	XIV
König Dr. & Co.	
Kondensatorenfabrik	
Wien VII, Kaiserstraße 46	VIII
Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG.	
Vertretung	
Ing. J. Imführ, Wien VII,	
Lerchenfelderstraße 143	VI
Marx Ludwig, Lackfabrik	
Gaaden bei Wien, Postfach Hinterbrühl	VIII
Mercedes-Benz	
Wien X, Troststraße 109-111	III
Minerva, Wissenschaftliche Buchhandlung	
Gesellschaft m. b. H.	
Wien I, Mülkerbastei 5	IV
Moser-Glaser & Co., AG.	
Muttenz bei Basel, Schweiz	
Vertretung: Dipl.-Ing. W. Wolf	
Graz, Kaiserfeldgasse 22	II
OKA Oberösterreichische Kraftwerke	
Aktiengesellschaft	
Linz/Donau, Bahnhofstraße 6	XVIII
Österreichische Elektrizitätswirtschafts-	
Aktiengesellschaft (Verbundgesellschaft)	
Wien I, Am Hof 6A	Titelseite
Oesterreichische Brown Boveri-Werke A.G.	
Wien I, Franz-Josefs-Kai 47	XI
Österreichischer Fliesenverband	
Wien I, Schwarzenbergplatz 14	IV
Philips Gesellschaft m. b. H.	
Wien I, Schwarzenbergplatz 2	XVII
Reimer & Seidel, Elektrizitätszählerfabrik	
Wien XVIII, Riglgasse 4	XVIII
Siemens-Schuckertwerke Ges. m. b. H.	
Wien I, Nibelungengasse 15	XII
Simmering-Graz-Pauker A.G.	
Wien XI, Simmeringer Hauptstraße 38-40	IX
Springer-Verlag	
Wien I, Mülkerbastei 5	VIII
Standard Telephon & Telegraphen AG.	
Czeija, Nissl & Co.	
Wien XX, Dresdnerstraße 73-77	VI
Uher & Co.	
Wien XIX, Mooslackengasse 17	XV
Waagner-Biró Aktiengesellschaft	
Wien V, Margaretenstraße 70	X
Wiener Kabel- und Metallwerke AG.	
Wien I, Marco-d'Aviano-Gasse 1	XVII

Österreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft

Für die Redaktion bestimmte Zuschriften und Manuskripte sind an die Redaktionsleitung, Wien IV, Brahmsplatz 3, Besprechungsexemplare und Zeitschriften an Springer-Verlag, Wien I, Mülkerbastei 5, zu richten.

Aufnahmebedingungen: Die Manuskripte sollen in klarer Ausdrucksweise und unter Hinweglassung jedes überflüssigen Ballastes abgefaßt sein. An Abbildungen ist nur das sachlich Notwendige zu bringen. Die Vorlagen für Abbildungen sind auf besonderen Blättern erwünscht. Von Photographien werden Hochglanzkopien erbeten; Strichabbildungen können entweder in Reinzeichnung (Beschriftung nur in Bleistift ausführen) oder in klaren, verständlichen Handskizzen bestehen. Die Beschriftung und nötigenfalls die Reinzeichnung nimmt der Verlag vor.

Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung der zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Den Verfassern von Originalbeiträgen und Berichten werden 50 Sonderabdrucke ihrer Arbeit kostenlos geliefert. Sie können weitere Sonderdrucke, und zwar bis zu 150 Exemplaren, gegen Berechnung beziehen.

Bezugsbedingungen: Der Bezugspreis der Zeitschrift beträgt jährlich DM 31.—, sfr. 31.70, Dollar 7.40, in Österreich S 184.—, zuzüglich Versandgebühren. Abonnements können bei jeder Buchhandlung des In- und Auslandes, für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin auch beim Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, aufgegeben werden. Abonnements, deren Abbestellung nicht spätestens 14 Tage vor Ablauf des Halbjahres erfolgt, gelten als erneuert. Einzelhefte können nur, soweit Vorrat vorhanden ist, abgegeben werden. Jährlich erscheinen 12 Hefte.

Anzeigenaufträge werden vom Verlag entgegengenommen. Anzeigen-Generalvertretung für die Bundesrepublik Deutschland und Westberlin: Springer-Verlag, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3.

Springer-Verlag, Wien I, Mülkerbastei 5

Fernsprecher: 63 96 14 Δ

Telegrammadresse: Springerbuch

DK 621.311.001 : 621.3.014

beliebigen Leitung in dem zu untersuchenden Netz. Der Punkt F stellt den variablen Fehlerort auf dieser Leitung dar, wobei als Variable sein auf die Gesamtlänge bezogener Abstand vom Punkt A: $\xi = x/l$ eingeführt wurde. Die Ersatzimpedanzen z_A^i , z_B^i und z_C^i ersetzen das restliche Netz.

Zur Gewinnung des Resultates ist folgender Weg zu beschreiten:

- a) Die Bestimmung der Ersatzimpedanzen z_A^i , z_B^i und z_C^i .
- b) Die Bestimmung der Gesamtimpedanz z_{CF}^i des einzelnen Komponentennetzes zwischen den Punkten FC.
- c) Die Bestimmung des symmetrischen Komponenten des Gesamtfehlerstromes und deren Entsymmetrierung.
- d) Die Aufteilung der symmetrischen Komponenten des Gesamtfehlerstromes auf die einzelnen Zweige der Komponentennetze und deren Entsymmetrierung.

3. Die Bestimmung der Ersatzimpedanzen

Die Bestimmung der Ersatzimpedanzen eines Komponentennetzes wird so vorgenommen, daß man aus dem vorliegenden Netzwerk vorerst die zu untersuchende Leitung entfernt. Da bei Doppelleitungen im Nullsystem eine starke induktive Kopplung zwischen den beiden Systemen wirksam ist, soll auch das zweite System, welches nicht vom Fehler betroffen ist, in allen Komponentennetzen aus dem Netzverband entfernt werden.

Ohne der wertvollen Hilfe eines Netzmodells können die Ersatzimpedanzen z_A^i , z_B^i und z_C^i aus dem verbleibenden Netzteil nur auf dem mühsamen Weg der Stern-Vieleckstransfigurationen rechnerisch ermittelt werden. Steht ein Netzmodell zur Verfügung, so können die Ersatzimpedanzen durch ein relativ einfaches Verfahren meßtechnisch bestimmt werden.

In Abb. 3 ist das Meßverfahren dargestellt, das gestattet, durch zwei Teilmessungen die gewünschten Größen zu ermitteln. Bei der ersten Messung wird eine Stromquelle über ein Amperemeter an den Punkt A angeschlossen, wobei ein Strom \mathfrak{J}_A festgestellt werden kann. Mittels eines hochohmigen Spannungsmessers werden an den Punkten A und B die Spannungen $U_{A(A)}$ bzw. $U_{B(A)}$ gemessen. Bei der zweiten Messung wird die Stromquelle an den Punkt B gelegt,

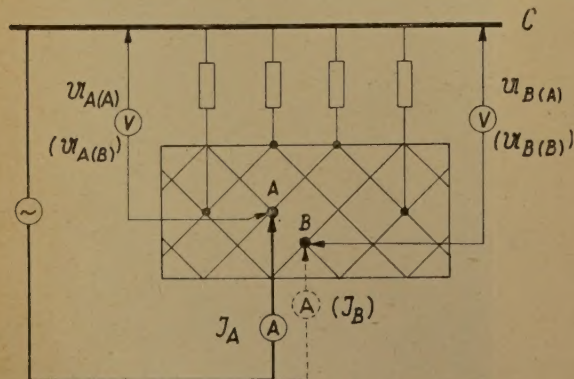


Abb. 3. Die Bestimmung der Ersatzimpedanzen eines Komponentennetzes

wobei sich ein Strom \mathfrak{J}_B ergibt und in den Punkten A und B die Spannungen $U_{A(B)}$ und $U_{B(B)}$ gemessen werden. Die drei Ersatzimpedanzen ergeben sich dann aus folgenden Beziehungen:

$$z_A^i = \frac{U_{A(A)} - U_{B(A)}}{\mathfrak{J}_A} \quad z_B^i = \frac{U_{B(B)} - U_{A(B)}}{\mathfrak{J}_B}$$

$$z_C^i = \frac{U_{A(B)}}{\mathfrak{J}_B} = \frac{U_{B(A)}}{\mathfrak{J}_A}$$

Stellt man sich die Aufgabe, die Impedanzen nach Betrag und Winkel zu bestimmen, so muß man sich bei der Messung eines Vektormessers bedienen.

4. Die Gesamtimpedanz eines Komponentennetzes

Es läßt sich zeigen, daß die Gesamtimpedanz z_{CF}^i jedes Komponentennetzes in Abhängigkeit vom Fehlerort ganz gleichgültig, ob es sich um eine Einfachleitung, eine Doppelleitung mit oder ohne induktiver Kopplung zwischen den beiden Systemen handelt, der Form nach durch die Funktion (1) dargestellt werden kann.

$$z_{CF}^i = A^i + B^i \xi - C^i \xi^2 \quad (1)$$

Die Konstanten A^i , B^i und C^i sind für die einzelnen Fälle verschieden. Sie können aus den Beziehungen (2 bis 4) berechnet werden, wobei die Größen z_L^i und λ_L^i aus der Tabelle I zu entnehmen sind.

$$A^i = \frac{z_A^i(z_B^i + z_L^i)}{z_A^i + z_B^i + z_L^i} + z_C^i \quad (2)$$

$$B^i = z_L^i \left(\lambda_L^i - \frac{2z_A^i}{z_A^i + z_B^i + z_L^i} \right) \quad (3)$$

$$C^i = z_L^i \left(\lambda_L^i - 1 + \frac{z_L^i}{z_A^i + z_B^i + z_L^i} \right) \quad (4)$$

λ_L^i ist eine Konstante, die bei Einfachleitungen 1 beträgt und bei Doppelleitungen mit Fehlern auf einem System dem Verhältnis der Impedanz der Einfachleitung zur Impedanz der Doppelleitung entspricht. z_L^i ist der allgemeine Ausdruck für die Leitungsimpe-

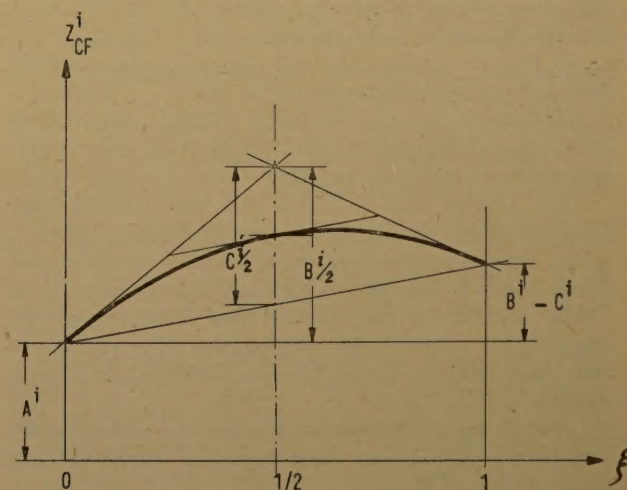


Abb. 4. Gesamtimpedanz eines Komponentennetzes in Abhängigkeit vom Fehlerort

danz. Bei den für z_L^i aus der Tabelle I konkret einzusetzenden Werten bezeichnet der obere Index „Null“ die Nullimpedanz, der obere Index „Strich“ die Mit- oder Gegenimpedanz der Leitung. Ein bzw. zwei Querstriche zeigen an, daß es sich um die Impedanz der Einfachleitung bzw. Doppelleitung handelt.

Tabelle I

Komponentennetz	Art der Leitung	Art des Fehlers	Z_L^i	λ_L^i	Anmerkung
Mitsystem (Gegensystem)	Einfachleitung	—	$\overline{Z'}$	1	—
Mitsystem (Gegensystem)	Doppelleitung	Fehler auf einem System	$\overline{\overline{Z'}}$	2	—
Mitsystem (Gegensystem)	Doppelleitung	Fehler auf beiden Systemen (gleiche Phasen)	$\overline{\overline{\overline{Z'}}}$	1	—
Nullsystem	Einfachleitung	—	$\overline{Z^0}$	1	—
Nullsystem	Doppelleitung	Fehler auf einem System	$\overline{\overline{Z^0}}$	1,30 — 1,33 1,20 — 1,30	220 kV-Ltg. 110 kV-Ltg.
Nullsystem	Doppelleitung	Fehler auf beiden Systemen (gleiche Phasen)	$\overline{\overline{\overline{Z^0}}}$	1	—

In Abb. 4 ist das Beispiel einer Funktion $z_{CF}^i(\xi)$ dargestellt. Es handelt sich, wie leicht zu erkennen ist, um eine Parabel in indefiniter Form, die man aus den Konstanten A^i , B^i und C^i auch konstruktiv leicht ermitteln kann. Die Gültigkeit dieser Funktion ist nur längs der betrachteten Leitung, also im Intervall $0 \leq \xi \leq 1$, gegeben. Werden für alle Leitungen eines Netzes die Impedanzfunktionen bestimmt, so ergeben sich an den Netzknotenpunkten für die Funktion stetige, für ihre Ableitungen unstetige Übergänge.

5. Die Bestimmung des Gesamtfehlerstromes

5.1. Die symmetrischen Komponenten des Gesamtfehlerstromes und ihre Entsymmetrierung

Die symmetrischen Komponenten des Gesamtfehlerstromes können aus den elektrischen Bedingungen des betreffenden Fehlerfalles einerseits und aus dem Gleichungssystem (5) andererseits in einer aus der Literatur geläufigen Weise berechnet werden.

$$U^i = U_L^i - z_{CF}^i \mathfrak{I}_{ges}^i \tag{5}$$

Als weitere Bedingung ist noch für die Spannung des Ersatzgenerators (Leerlaufspannung am Fehlerort) $U_L^0 = 0$, $U_L'' = 0$ zu setzen. Die Spannungen U^i sind die symmetrischen Spannungen der Komponentennetze am Fehlerort.

Um den Fehlerstrom als Fehlerortsfunktion zu bekommen, hat man außerdem für z_{CF}^i den Ausdruck (1) einzusetzen. Die Auflösung des genannten Gleichungssystems führt zu dem gewünschten Resultat, welches in Tabelle II für die einzelnen Fehlerfälle zusammengestellt ist.

5.2. Die Diskussion der Gesamtstromfunktionen

Beschränkt man sich bei der Rechnung darauf, die Imaginärteile oder Beträge der Impedanzen zu verwenden, so kann der Betrag des Gesamtfehlerstromes mit Ausnahme der Ströme \mathfrak{I}_{ges}' , \mathfrak{I}_{ges}'' , \mathfrak{I}_{2ges}' , \mathfrak{I}_{3ges}' des zweipoligen Erdkurzschlusses auf den Typus der rationalen Funktion (6) zurückgeführt werden.

$$I_{ges} = \frac{U}{A + B\xi - C\xi^2} \tag{6}$$

Wird diese rationale Funktion in Partialbrüche zerlegt, so gelangt man zu einer Funktion der Form (7) mit den Konstanten (8 bis 10).

$$I_{ges} = \frac{a_{ges}}{\xi - \xi_2} - \frac{a_{ges}}{\xi - \xi_1} \tag{7}$$

$$\xi_{1,2} = \frac{B \pm \sqrt{B^2 + 4AC}}{2C} \tag{8}$$

$$a_{ges} = \frac{U}{C \cdot (\xi_1 - \xi_2)} \tag{9}$$

$$\hat{\xi}_{ges} = \frac{B}{2C} \tag{10}$$

$\xi_{1,2}$ sind die Abszissen der Polstellen, $\hat{\xi}_{ges}$ ist die Abszisse des Extremwertes. Es läßt sich zeigen, daß die Abszissen der Polstellen $\xi_1 > 1$, $\xi_2 < 0$ sein müssen. Der Gesamtfehlerstrom kann also als Summe zweier spiegelsymmetrischer Hyperbeln dargestellt werden. Das Beispiel einer solchen Funktion ist in Abb. 5 dargestellt.

Auf die Diskussion der oben angeführten Ausnahmefälle wurde verzichtet, da sie für die in Punkt 1 angeführte Aufgabenstellung nicht interessant ist.

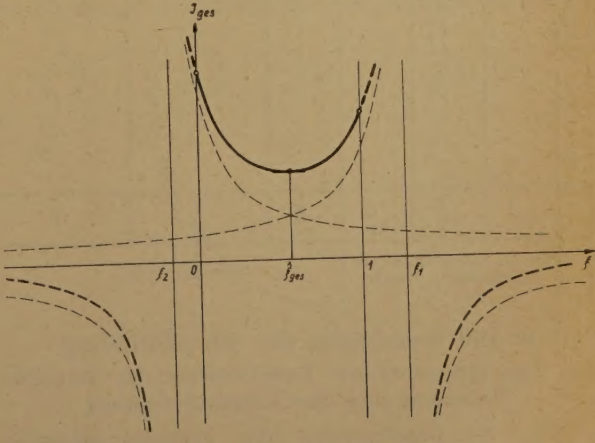


Abb. 5. Gesamtstrom in Abhängigkeit vom Fehlerort

Tabelle II

	Dreipoliger Kurzschluß	Zweipoliger Kurzschluß	Zweipoliger Erdkurzschluß	Einpoliger Erdkurzschluß
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}^0$	0	0	$-\frac{U_L'}{(2A^0 + A') + (2B^0 + B')\xi - (2C^0 + C')\xi^2}$	$\frac{U_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}'$	$\frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{U_L'/2}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$[(A^0 + A') + (B^0 + B')\xi - (C^0 + C')\xi^2] \frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	"
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}''$	0	$-\frac{U_L'/2}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$-(A^0 + B^0\xi - C^0\xi^2) \frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	"
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}$	$\frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	0	$[(A' + 2A^0) + (B' + 2B^0)\xi - (C' + 2C^0)\xi^2] \frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$3 \frac{U_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}$	$\frac{a^2 U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{j/3}{2} \frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$-\frac{U_L'/3}{2} \left[\frac{(2A^0 + A') + (2B^0 + B')\xi - (2C^0 + C')\xi^2}{A' + B'\xi - C'\xi^2} + \right]$	0
$\mathfrak{J}_{\text{ges}}$	$\frac{a U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{j/3}{2} \frac{U_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2} +$	$-\frac{U_L'/3}{2} \left[\frac{(2A^0 + A') + (2B^0 + B')\xi - (2C^0 + C')\xi^2}{A' + B'\xi - C'\xi^2} - \right]$	0

6. Die Berechnung der Stromaufteilung

6.1. Die symmetrischen Komponenten der einzelnen Teilströme und ihre Entsymmetrierung

Für die Beantwortung der eingangs gestellten Frage ist es notwendig, die Stromaufteilung in den ein-

zelnen Komponentennetzen zu berechnen. Stellt man sich vor, daß in dem Komponentennetz die Spannung ΔU einen Strom $\mathfrak{J}_{\text{ges}}^i$ durch die Gesamtimpedanz z_{CF}^i treibt, so erkennt man, daß die Gl. (11) gelten muß.

$$\mathfrak{J}_{\text{ges}}^i = \frac{\Delta U^i}{A^i + B^i \xi - C^i \xi^2} \quad (11)$$

Es läßt sich zeigen, daß für die in Abb. 2 dargestellten Teilströme eines Komponentennetzes $\mathfrak{J}_A^i, \mathfrak{J}_B^i, \mathfrak{J}_C^i, \mathfrak{J}_I^i, \mathfrak{J}_{II}^i$ (allgemein \mathfrak{J}_j^i) der in Gl. (12) angegebene Funktionstypus allgemein angenommen werden kann.

$$\mathfrak{J}_j^i = \frac{G_j^i + D_j^i \xi}{A^i + B^i \xi - C^i \xi^2} \Delta U^i \quad (12)$$

Mit Gl. (11) kann auch die Beziehung (13) gefolgert werden.

$$\mathfrak{J}_j^i = (G_j^i + D_j^i \xi) \mathfrak{J}_{\text{ges}}^i \quad (13)$$

Die Konstanten G_j^i und D_j^i können für die einzelnen Teilströme aus der Tabelle III entnommen werden, wobei die Hilfsgrößen g^i und d^i aus den Beziehungen (14) und (15) zu errechnen sind und z_L^i aus Tabelle I einzusetzen ist.

$$g^i = \frac{z_A^i}{z_A^i + z_B^i + z_L^i} \quad (14)$$

$$d^i = \frac{z_L^i}{z_A^i + z_B^i + z_L^i} \quad (15)$$

Tabelle III

j	A	B	C	I	II
G_j^i	$1 - g^i$	g^i	$-\frac{g^i}{2}$	$1 - \frac{g^i}{2}$	$\frac{g^i}{2}$
D_j^i	$-d^i$	d^i	$\frac{1}{2} - \frac{d^i}{2}$	$-\frac{1}{2} - \frac{d^i}{2}$	$\frac{1}{2} + \frac{d^i}{2}$

Für Einfachleitungen sind nur die Werte für \mathfrak{J}_A^i und \mathfrak{J}_B^i sinnvoll.

In Tabelle IV sind für die einzelnen Fehlerfälle die Teilströme sowie die dazugehörigen Phasenströme angeführt.

6.2. Die Diskussion der Teilstromfunktionen

Unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5.2 angeführten Einschränkungen erkennt man, daß der Funktionscharakter der Teilstromfunktionen durch eine rationale Funktion von der Form (16) gegeben ist.

$$I_j = \frac{G_j + D_j \xi}{A + B\xi - C\xi^2} U \quad (16)$$

Durch Partialbruchzerlegung kann man die Funktion (16) in die Funktion (17) überführen, wobei α_j und β_j durch die Gl. (18) und (19) sowie durch die Gl. (8) bestimmt sind:

$$I_j = \frac{\alpha_j}{\xi - \xi_2} + \frac{\beta_j}{\xi - \xi_1} \quad (17)$$

$$\alpha_j = \frac{G_j + D_j \xi_2}{C(\xi_1 - \xi_2)} U \quad (18)$$

Tabelle IV

	Dreipoliger Kurzschluß	Zweipoliger Kurzschluß	Zweipoliger Erdkurzschluß	Einpölgiger Erdkurzschluß
\mathfrak{I}_j^0	0	0	$-\frac{(G_j^0 + D_j^0 \xi) u_L'}{(2A^0 + A') + (2B^0 + B')\xi - (2C^0 + C')\xi^2}$	$\frac{(G_j^0 + D_j^0 \xi) u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
\mathfrak{I}_j^1	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2} \cdot 2$	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2} \cdot 2$	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
\mathfrak{I}_j^2	0	0	$-\frac{(G_j^2 + D_j^2 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2} \cdot 2$	$\frac{(G_j^2 + D_j^2 \xi) u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
\mathfrak{I}_{1j}	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) \alpha u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{[(G_j^0 + 2G_j^1) + (D_j^0 + 2D_j^1)\xi] u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
\mathfrak{I}_{2j}	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) \alpha u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{j 3}{2} \frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{j 3}{2} \frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{[(G_j^0 - G_j^1) + (D_j^0 - D_j^1)\xi] u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$
\mathfrak{I}_{3j}	$\frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) \alpha u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$\frac{j 3}{2} \frac{(G_j^1 + D_j^1 \xi) u_L'}{A' + B'\xi - C'\xi^2}$	$-\frac{u_L'}{2} \left\{ \frac{[(2G_j^0 + G_j^1) + (2D_j^0 + D_j^1)\xi] / 3}{(2A^0 + A') + (2B^0 + B')\xi - (2C^0 + C')\xi^2} + \frac{j(G_j^1 + D_j^1 \xi)}{A' + B'\xi - C'\xi^2} \right\}$	$\frac{[(G_j^0 + 2G_j^1) + (D_j^0 + 2D_j^1)\xi] u_L'}{(A^0 + 2A') + (B^0 + 2B')\xi - (C^0 + 2C')\xi^2}$

Symm. der Teilstrome
Phasenströme

$$\beta_j = -\frac{G_j + D_j \xi_1}{C(\xi_1 - \xi_2)} U \quad (19)$$

$$\xi_{0j} = -\frac{G_j}{D_j} \quad (20)$$

$$\hat{\xi}_j = -\frac{G_j}{D_j} \pm \sqrt{\left(\frac{G_j}{D_j}\right)^2 + \frac{G_j B}{D_j C} - \frac{A}{C}} \quad (21)$$

Die Gl. (20) und (21) geben die Nullstellen und Extremwerte der Funktion an. Es läßt sich zeigen, daß jede dieser Teilstromfunktionen in zwei Typen auftreten kann, nämlich:

Typus 1: $\text{sign } \alpha_j \neq \text{sign } \beta_j$,

Typus 2: $\text{sign } \alpha_j = \text{sign } \beta_j$.

Es ist dabei zu beachten, daß nur jener Teil der Funktion von praktischer Bedeutung ist, der sich im Intervall $0 \leq \xi \leq 1$ befindet. Im Hinblick darauf ist noch bemerkenswert, daß beim Typus I noch zwei weitere Fälle unterschieden werden können, nämlich:

Typus 1 a: $0 < \hat{\xi} < 1$ (das Minimum tritt in Erscheinung),

Typus 1 b: $\hat{\xi} < 0, \hat{\xi} > 1$ (das Minimum tritt nicht in Erscheinung).

In den Abb. 6 und 7 sind Beispiele dieser Typen dargestellt. In Abb. 8 wurden als Beispiel die Ströme \mathfrak{I}_j sowie der Gesamtstrom $\mathfrak{I}_{\text{ges}}$ für einen konkreten Leitungsabschnitt (Doppelleitung) in einem Netz dargestellt.

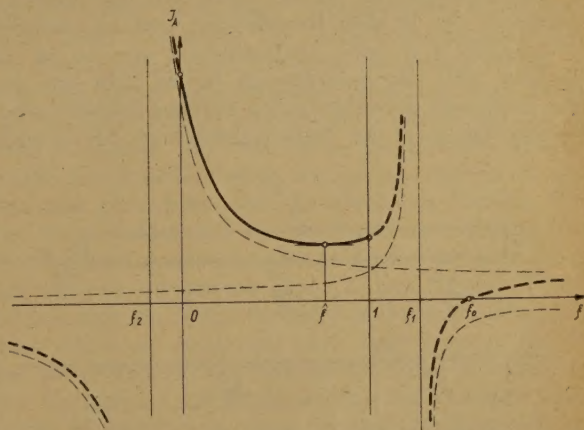


Abb. 6. Teilstrom in Abhängigkeit vom Fehlerort (Typus 1a)

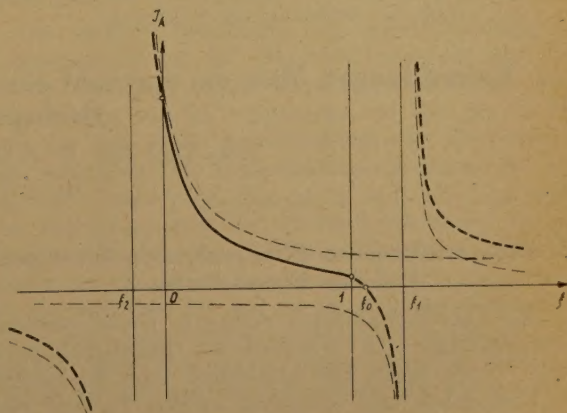


Abb. 7. Teilstrom in Abhängigkeit vom Fehlerort (Typus 2)

7. Die Aufteilung der induzierenden Ströme

Für die Fragen der induktiven Beeinflussung ist es von Wichtigkeit, die Größe der in den einzelnen Schleifen Leitung — Erde fließenden Ströme zu kennen. Wird zunächst noch von der Wirkung der Erdseile abgesehen, so erkennt man, daß die Aufteilung der Null-

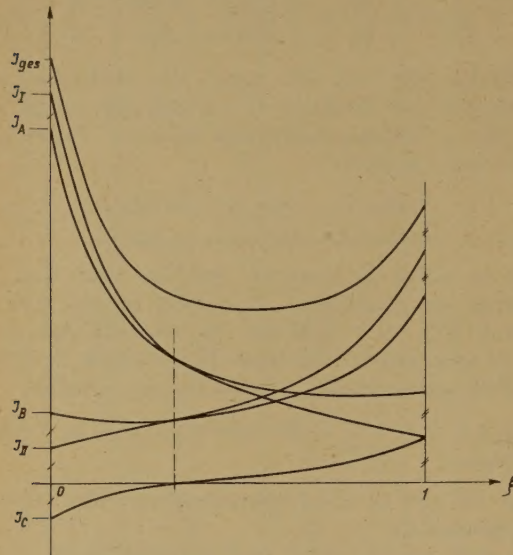


Abb. 8. Die Teilströme und der Gesamtstrom für ein konkretes Beispiel

ströme für die Beantwortung dieser Frage maßgebend ist. Als induzierender Strom ergibt sich der dreifache Nullstrom, der in dem betreffenden Leitungsabschnitt fließt. Liegt z. B. eine Doppelleitung vor, so ist zu beachten, daß der induzierende Strom nicht nur aus dem Nullstrom des fehlerhaften Systems gebildet wird, sondern daß noch der Nullausgleichstrom des zweiten

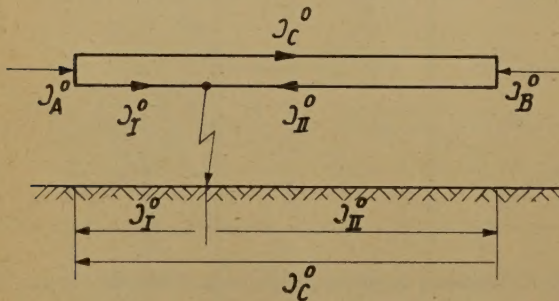


Abb. 9. Aufteilung der Nullströme

Systems zu berücksichtigen ist (siehe Abb. 9). Der für induktive Beeinflussungen in Abschnitt AF maßgebende Strom ist demnach $3\mathfrak{J}_C^o + 3\mathfrak{J}_I^o = 3\mathfrak{J}_A^o$, der für den Abschnitt FB maßgebende Strom $3\mathfrak{J}_I^o - 3\mathfrak{J}_C^o = 3\mathfrak{J}_B^o$. Unter Berücksichtigung der Wirkung des Erdseiles ergeben sich schließlich für die genannten Abschnitte die Beziehungen (22) und (23), wobei k der Erdseilreduktionsfaktor ist und $\mathfrak{J}_A^o, \mathfrak{J}_B^o$ aus der Tabelle IV zu entnehmen sind. Für die Spannung U_L kann $1,1 U_A / \sqrt{3}$ gesetzt werden. Der über den Lichtbogen nach Erde und Erdseil fließende Gesamtstrom ist durch die Beziehung (24) gegeben.

$$\mathfrak{J}_{KE, I} = 3 \mathfrak{J}_A^o k \quad (22)$$

$$\mathfrak{J}_{KE, II} = 3 \mathfrak{J}_B^o k \quad (23)$$

$$\mathfrak{J}_{KE, ges} = 3 \mathfrak{J}_{ges}^o \quad (24)$$

8. Zusammenfassung

Die vorangegangene Untersuchung zeigt, daß die Frage der Fehlerströme in einem elektrischen Netz als Funktionen vom Fehlerort für den an und für sich komplizierten Fall der Betrachtung einer Leitung in einem Netzverband und darüber hinaus wirksamen induktiven Kopplungen im Nullsystem in einer für praktische Berechnungen durchaus gangbaren Weise gelöst werden kann. Die Lösung des Problems zeigt, daß man unter bestimmten Voraussetzungen die Zusammenhänge durch rationale Funktionen ausdrücken kann, wobei diese ganz bestimmte Eigenschaften aufweisen. Da die genauen funktionellen Zusammenhänge zwischen dem Gesamtfehlerstrom, den Strömen in den einzelnen Komponentennetzen und den Strömen in den einzelnen Phasenleitern der betrachteten Leitungsabschnitte zur Behandlung des Problems notwendig waren, wurde gewissermaßen als Nebenprodukt auch eine Übersicht darüber gegeben.

Die Abhängigkeit der Fehlerströme vom Fehlerort wird man in der Praxis zweckmäßigerweise durch direkte Messung an einem Netzmodell ermitteln, wobei man sich im Nullsystem geeigneter Ersatzschaltungen bedienen muß. Nichts desto trotz war es notwendig, sich über die genauen theoretischen Zusammenhänge zu informieren, um das oft nicht unmittelbar zu erklärende Verhalten der durch Messung gewonnenen Resultate theoretisch zu untermauern. Steht kein Netzmodell zur Verfügung, so gibt das angegebene Formelsystem die Möglichkeit, ebenfalls zu einem Resultat zu gelangen.

Betrachtungen über die Auswahl einer geeigneten Blindverbrauchzählertypen für Hochspannungsnetze

Von Dipl.-Ing. E. RUPP, Verbundgesellschaft, Wien

Mit 9 Textabbildungen

DK 621.317.785.016.25 : 621.311.1

1. Die verschiedenen Blindverbrauchzählertypen und ihre Eigenschaften

Die Fabrikationsfirmen erzeugen Drehstromblindverbrauchzähler mit verschiedenen Innenschaltungen. Diese Typen sollen hier hinsichtlich ihrer Eigenschaften beschrieben und verglichen werden. Es sind zwei Hauptgruppen zu unterscheiden, die Zähler in der ech-

ten Schaltung und die Zähler mit Kunstschaltungen. Bei den letzteren müssen wir die Dreileiterzähler und Vierleiterzähler getrennt betrachten.

1.1. Die Zähler in echter Schaltung

Die theoretisch einwandfreie Ausführung ist die sogenannte echte Schaltung. Sie ist bereits für Einphasen-

strom ausführbar; bei Dreileiterzählern enthält sie zwei Meßwerke in Aronschaltung, bei Vierleiterzählern drei Meßwerke in Sternschaltung. Jedes Meßwerk bildet für sich einen Einphasen-Blindverbrauchszähler mit einer inneren Abgleichung von 180° . Dabei verstehen wir unter der inneren Abgleichung den Unterschied der Abgleichwinkel von Spannungssystem und Stromsystem. Die Abgleichung von 180° wird erreicht, indem man vor die Spannungsspule einen Vorwiderstand und parallel zur Stromspule einen Nebenwiderstand schaltet. Ferner muß für die normale Schaltung, d. i. für die induktive Blindleistung eine der beiden Spulen umgepolt werden. Die Schaltung dieser Type für Dreileiterzähler ist in Abb. 1a und für Vierleiterzähler in Abb. 1b wiedergegeben. Abb. 2a zeigt das Vektordiagramm für ein Meßwerk, wobei als Strom nur die Blindkomponente gezeichnet ist. Der Drehungswinkel γ enthält auch bereits den Verlustwinkel δ_J .

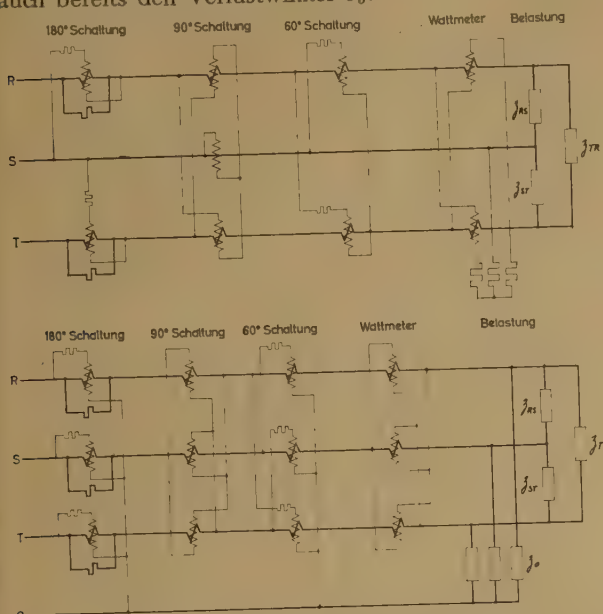


Abb. 1. Schaltung von Blindverbrauchszählern und Wattmetern für Blindleistung

a) in Dreileiteranlagen
b) in Vierleiteranlagen

Diese Zähler haben zufolge der angewendeten Vor-, bzw. Nebenwiderstände einen komplizierten Aufbau, sind daher teuer und auch schwierig zu justieren. Die Vierleiter-Blindverbrauchszähler verhalten sich hinsichtlich ihres Spannungsnulleckes gleichartig wie die Wirkverbrauchszähler. Bei starker Verlagerung des Spannungsnulleckes im Netz wird man mitunter diese Zähler mit freiem Spannungsnulleck betreiben [1], [2], [6].

Um die Drehstromblindverbrauchszähler mit echter Schaltung zu justieren, muß man die Wattmeter der Zählerprüfstation in einer Kunstschaltung verwenden. Bei diesen Kunstschaltungen werden die Spannungen vertauscht und daraus ergibt sich die Notwendigkeit, sie untereinander sehr genau gleich zu halten, und zwar sowohl die verketteten als auch die Sternspannungen. Näheres hierüber ist im folgenden Abschnitt enthalten.

Es sei zusammengefaßt, daß die Blindverbrauchszähler in echter Schaltung wohl den Vorteil der theoretisch richtigen Schaltung besitzen, daß diesem Vorteil jedoch folgende Nachteile gegenüberstehen:

1. Komplizierter Aufbau und daher hoher Preis.
2. Schwierige, zeitraubende Justierung.
3. Exakt symmetrische Spannungsfigur in der Eichstation erforderlich.
4. Hoher Wattverlust und daher stärkere innere Erwärmung (unter Umständen Beschlagen der Glasscheibe).
5. Die Übergangswiderstände an den Nebenwiderständen der Stromspulen sind mitunter nicht konstant und geben zu Anzeigegefehlern Anlaß.

1.2. Vierleiterzähler in Kunstschaltung

Wir behandeln vorteilhafterweise zuerst die Vierleiterzähler. Es gibt zwei Ausführungen, welche eine innere Abgleichung von 90° bzw. 60° aufweisen. Den Zählern mit 90° Abgleich wollen wir unsere besondere Aufmerksamkeit schenken, weil sie eine Reihe von Vorteilen aufweisen. Sie besitzen drei normale Wirkverbrauch-Meßwerke, welche in Dreieck geschaltet sind. Die Kunstschaltung besteht in der zyklischen Vertauschung der Spannungen. Jeder Strom wird mit der gegenüberliegenden Dreiecksspannung zu einem Meßwerk kombiniert. Diese Ausführung verursacht also keine höheren Herstellungskosten gegenüber den Wirkverbrauchszählern und ihre Justierung ist ebenso einfach. Die Schaltung dieses Zählers ist aus der Abb. 1b ersichtlich. Das Vektordiagramm für ein Meßwerk: Strom J_R mit Spannung U_{ST} ist in Abb. 2b abgebildet. Dabei ist wieder nur die Blindkomponente des Stromes gezeichnet.

Für die Verwendung dieser Zähler im Netz besteht die Forderung nach einer symmetrischen Spannungsfigur, also Gleichheit der Dreiecksspannungen und der Phasenspannungen. Ist diese Forderung erfüllt, so zeigt der Zähler jede einseitige Belastung, auch gegen den Nulleiter richtig, obwohl der Nulleiter am Zähler nicht vorhanden ist. Vom Zähler nicht erfaßt wird lediglich der Erdschlußstrom, welcher aus drei gleich großen und gleichgerichteten Komponenten besteht. Dieser Strom bildet mit der Verlagerungsspannung des Netznulleckes eine Leistung, welche der betrachtete Zähler nicht registrieren kann. Er verhält sich diesbezüglich wie ein Vierleiterzähler in Sternschaltung, bei dem jedoch der Nullpunkt nicht angeschlossen ist. Dabei hat er den Vorteil, daß der bei der Transfiguration des Dreiecks in den Stern entstandene gedachte Nullpunkt einwandfrei ist, was bei der künstlichen Sternbildung dreier Spannungssysteme wegen der niemals genau gleichen Impedanzen nicht der Fall ist [1], [2].

Die zweite Ausführung des Vierleiterzählers in Kunstschaltung mit 60° Abgleich verwendet die drei Sternspannungen zyklisch vertauscht und mittels Vorwiderständen um 30° vorgedreht, so daß sie in der Lage der dem Strom gegenüberliegenden Dreiecksspannung gelangen. Der Abgleichwinkel ist sodann 60° anstatt 90° . Diese Schaltung ist in Abb. 1b dargestellt. Das Vektordiagramm für ein Meßwerk Strom J_R mit Spannung U_{SO} ist in Abb. 2c abgebildet. Dabei ist wieder nur die Blindkomponente des Stromes gezeichnet. In den Abb. 2b und 2c ist auch der Verlustwinkel δ_J angedeutet. Diese Ausführung ist wegen ihrer Nachteile durch die erstangeführte Bauweise verdrängt worden, so daß wir uns nicht weiter mit ihr beschäftigen.

Wir wollen uns nun mit der Prüfung und Justierung der Blindverbrauchszähler in der Eichstation befassen. Wie schon im Abschnitt 1.1. angegeben, müssen die drei Wattmeter in einer Kunstsaltung verwendet werden, wobei es erforderlich ist, daß die Spannungen genau gleich gehalten werden. Hiefür sind besondere Meßeinrichtungen empfehlenswert (Spannungssymmetrieanzeiger). Die Gleichheit der Sternspannungen wird

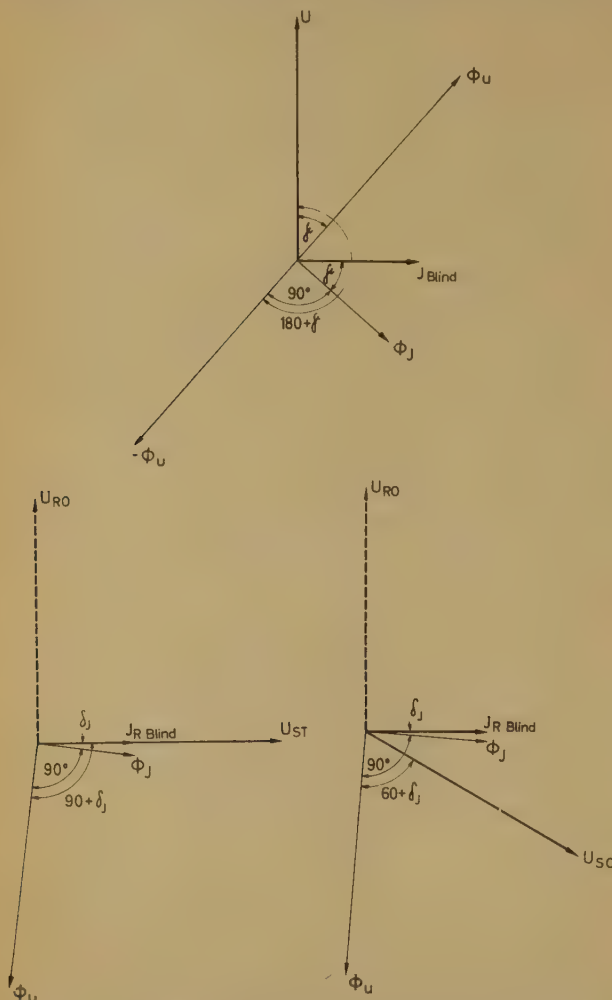


Abb. 2. Vektordiagramm für die innere Abgleichung der Systeme eines Vierleiterzählers

- a) mit 180° Abgleichwinkel
- b) mit 90° Abgleichwinkel
- c) mit 60° Abgleichwinkel

durch gleiche Impedanzen in den drei Spannungsphasen erzielt [3], [4]. Die erste Wattmeter-Kunstsaltung wurde bereits 1910 von STRELOW angegeben. Es werden drei gleichartige Wattmeter in Stern geschaltet, so daß sie einen künstlichen Nullpunkt bilden. Die Blindleistung berechnet sich aus der Summe der Wattmeteranzeigen in den Phasen R und T mal dem Faktor $\sqrt{3}$. Das Wattmeter in der Phase S dient eigentlich nur als dritte Impedanz. In dieser Form ist die Schaltung auch in Abb. 1a gezeichnet. Sie ist sowohl für die Prüfung von Dreileiterzählern als auch von Vierleiterzählern geeignet.

Für die Vierleiterblindverbrauchszähler verwendet man heute zweckmäßigerweise die Dreieck-Kunstsaltung der Wattmeter. Die Vierleiterzähler mit 90° Abgleich haben die gleiche Schaltung wie die Wattmeter,

erhalten daher systemweise die gleichen Spannungen und Ströme, so daß eine Spannungssymmetrierung für sie nicht erforderlich ist.

1.3. Dreileiterzähler in Kunstsaltung

Es gibt auch bei den Dreileiterzählern zwei Ausführungen, eine mit 90° und eine mit 60° Abgleich. In beiden Fällen wird eine Schaltung erzielt, welche der Aronschaltung bei der Wirkenergiemessung entspricht.

Die Ausführung mit 90° Abgleich besteht aus zwei Meßwerken, deren Spannungspfade mit einem dritten, sonst unbenützten Spannungssystem einen künstlichen Nullpunkt bilden. Sie ist identisch mit der im vorigen Abschnitt beschriebenen Strelowschaltung. Die Zähler-schaltung ist in Abb. 1a wiedergegeben. Auf die Darstellung des Vektordiagramms verzichten wir. Man müßte es für jedes Meßwerk gesondert zeichnen, ohne daß sich gegenüber der Abb. 2b (für Vierleiterzähler) etwas Neues ergäbe.

Bei der Ausführung mit 60° Abgleich verwendet man die den zwei Strömen im Vektordiagramm gegenüberliegenden Dreiecksspannungen und dreht sie mittels Vorwiderstand um 30° vor, um den Abgleichswinkel von 60° anstatt 90° zu erzielen. Diese Schaltung ist in Abb. 1a ersichtlich. Auf die Darstellung des Vektordiagramms verzichten wir aus den gleichen Gründen wie oben.

Zur Prüfung und Justierung eignet sich für beide Ausführungen die Strelowschaltung. Dabei ist für die Zähler mit 60° Abgleich ein genau gleichseitiges Spannungsdreieck einzuhalten, während dies für die Zähler mit 90° Abgleich nicht erforderlich ist, denn sie haben ja die gleiche Schaltung wie die Wattmeter. Man kann die Dreileiterzähler aber auch mit Wattmetern in Vierleiterschaltung prüfen, da der Stromnullleiter geöffnet ist. Das genau gleichseitige Spannungsdreieck muß dann für beide Zählertypen eingehalten werden.

1.4. Vorzüge der Vierleiterzähler in Dreieck-kunstsaltung

Da in Hochspannungsnetzen, sei es in solchen mit starrer Nullpunktserdung, sei es mit Erdschlußstromlöschung, nur Vierleiterzähler in Frage kommen, wollen wir uns vorzugsweise mit diesen befassen. Nachdem im Abschnitt 1.1. die Zähler in echter Schaltung behandelt worden sind, mögen im folgenden die Eigenschaften des Vierleiterzählers in Dreieckkunsaltung zusammengestellt werden, und zwar zunächst seine Vorzüge:

1. Gleicher Aufbau wie beim Wirkverbrauchszähler, daher keine höheren Fabrikationskosten.
2. Ebenso einfache Justierung wie beim Wirkverbrauchszähler.
3. Symmetrische Spannungsfigur in der Eichstation nicht erforderlich, weil die Ströme und Spannungen in der Eichschaltung der Wattmeter die gleichen sind.
4. Der gedachte Sternpunkt ist symmetrisch transfiguriert (im Gegensatz zu einem künstlichen Nullpunkt mit ungleichen Phasenimpedanzen).
5. Ein Erdschluß beeinflusst den Zähler nicht, da nur die Systemarbeit gezählt wird. Die Spannungsspu-len können keine abnormalen Spannungen erhalten. Es

ist oftmals erwünscht, daß der im Erdschlußfall von der Erdschlußspule in ihren Löschbezirk fließenden Blindstrom in die Zähleranzeige nicht eingeht.

6. Für die Wirk- und Blindverbrauchszähler einer Nennspannung brauchen nur zwei Arten von Spannungsspulen angefertigt zu werden, nämlich solche für die verkettete Spannung und solche für die Phasen-spannung. Erstere werden für die Dreileiter-Wirkverbrauchs-zähler und für die Vierleiter-Blindverbrauch-zähler verwendet, während letztere für die Vierleiter-Wirkverbrauchszähler und für die Dreileiter-Blindverbrauchs-zähler bestimmt sind.

Über die Nachteile ist zu sagen, daß die für alle Kunstschaltungen geltende Notwendigkeit, die Zähler im positiven Drehfeldsinn anzuschließen, nicht als Nachteil gewertet werden braucht, weil der Anschluß im positiven Drehfeldsinn in Hochspannungsnetzen eine Selbstverständlichkeit ist. Es verbleibt also als Nachteil nur noch die Abhängigkeit der Anzeige von der Symmetrie des Spannungsdreiecks und es ist die Aufgabe der beiden nächsten Abschnitte, zu untersuchen, ob die Ungenauigkeiten in der Anzeige bei den üblicherweise vorkommenden geringen Abweichungen vom gleichseitigen Spannungsdreieck genügend gering sind, um dieser Zählertypen den Vorzug vor den Zählern mit echter Schaltung zu geben.

Diese Arbeit befaßt sich ihrem Titel nach nur mit Hochspannungszählern. In Niederspannungs-Vierleiter-netzen tritt bei einphasiger Last gegen den Nulleiter durch den Spannungsabfall in letzterem eine Nullpunktverlagerung auf, welche der hier beschriebene Zähler mit seiner Nullpunkttransfiguration nicht erfaßt [1].

2. Die Fehler des Vierleiterzählers in Dreieck-schaltung bei Abweichungen vom gleichseitigen Spannungsdreieck bei dreiphasiger Belastung

H. NÜTZELBERGER hat gezeigt [3], [4], daß bereits kleine Abweichungen von $\pm 0,5\%$ in den Dreieckspannungen bei der Eichung von Dreileiterzählern mit 180° und 60° Abgleichung zu beträchtlichen Abweichungen in der Anzeige führen. Die Toleranz von $\pm 0,5\%$ ist also ungenügend und er verlangt eine solche von $\pm 0,1\%$, welche aber ohne besondere Hilfsmittel (Spannungssymmetrieanzeiger) nicht zu erreichen ist.

Es soll hier eine ähnliche Untersuchung für die Vierleiterzähler mit 90° Abgleichung angestellt werden.

Die Abb. 1b zeigt die Schaltungen der Vierleiter-zähler mit 180° , 90° und 60° Abgleichung sowie die Dreiwattmeter-Dreieckkunschtaltung. Um den Rechnungsgang, der umständlich ausfällt, zu vereinfachen, rechnen wir nur mit den Impedanzen \mathfrak{Z}_{RS} , \mathfrak{Z}_{ST} , \mathfrak{Z}_{TR} zwischen den Außenleitern, vernachlässigen also den Nullstrom. In Hochspannungsnetzen ist er meist sehr klein. Sowohl die Spannungen, wie Abb. 3 zeigt, als auch die Impedanzen sind unter sich verschieden. Die Impedanzen der Verbraucher sind:

$$\begin{aligned}\mathfrak{Z}_{RS} &= Z_{RS} \cdot e^{j\varphi_{RS}} \\ \mathfrak{Z}_{ST} &= Z_{ST} \cdot e^{j\varphi_{ST}} \\ \mathfrak{Z}_{TR} &= Z_{TR} \cdot e^{j\varphi_{TR}}\end{aligned}\tag{1}$$

Die Belastungsströme sind:

$$\mathfrak{I}_{RS} = \frac{U_{RS}}{\mathfrak{Z}_{RS}}, \quad \mathfrak{I}_{ST} = \frac{U_{ST}}{\mathfrak{Z}_{ST}}, \quad \mathfrak{I}_{TR} = \frac{U_{TR}}{\mathfrak{Z}_{TR}}\tag{2}$$

Wir geben der Spannung U_{RS} die Phase Null und den voreilenden Winkeln positives Vorzeichen. Dann ist an Hand Abb. 3:

$$U_{RS} = U_{RS}, \quad U_{ST} = -U_{ST} \cdot e^{j\alpha}, \quad U_{TR} = -U_{TR} \cdot e^{j\beta}\tag{3}$$

Die Leiterströme ergeben sich nach dem ersten Kirchhoffschen Gesetz, wie aus Abb. 4 ersichtlich, zu

$$\begin{aligned}\mathfrak{I}_R &= \mathfrak{I}_{RS} - \mathfrak{I}_{TR}, \quad \mathfrak{I}_S = \mathfrak{I}_{ST} - \mathfrak{I}_{RS}, \\ \mathfrak{I}_T &= \mathfrak{I}_{TR} - \mathfrak{I}_{ST}\end{aligned}\tag{4}$$

Der wahre Wert (Sollwert) der Blindleistung ist

$$\begin{aligned}N_B \text{ Soll} &= \frac{U_{RS}^2}{Z_{RS}} \cdot \sin \varphi_{RS} + \frac{U_{ST}^2}{Z_{ST}} \cdot \sin \varphi_{ST} + \\ &+ \frac{U_{TR}^2}{Z_{TR}} \cdot \sin \varphi_{TR}\end{aligned}\tag{5}$$

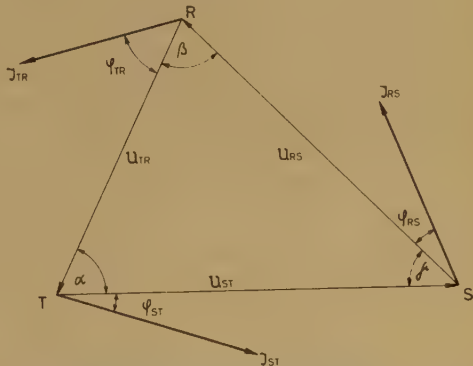


Abb. 3. Vektordiagramm der Spannungen und Ströme des Verbrauchers

Für die Zähler gilt:

$$N_B \sim M_d \sim \vec{\Phi}_{UI} \vec{\Phi}_{JI} + \vec{\Phi}_{UII} \vec{\Phi}_{JII} + \vec{\Phi}_{UIII} \vec{\Phi}_{JIII}\tag{6}$$

Da nur aufeinander senkrecht stehende Flüsse ein Drehmoment bilden, gilt nur der Imaginärteil des Vektorproduktes. Für den Blindverbrauchszähler mit 90° Abgleich ist zu schreiben:

$$\begin{aligned}\vec{\Phi}_{UI} &\sim U_{ST} \cdot e^{-j90}, \quad \vec{\Phi}_{UII} \sim U_{TR} \cdot e^{-j90}, \\ \vec{\Phi}_{UIII} &\sim U_{RS} \cdot e^{-j90} \\ \vec{\Phi}_{JI} &\sim (\mathfrak{I}_{RS} - \mathfrak{I}_{TR}), \quad \vec{\Phi}_{JII} \sim (\mathfrak{I}_{ST} - \mathfrak{I}_{RS}), \\ \vec{\Phi}_{JIII} &\sim (\mathfrak{I}_{TR} - \mathfrak{I}_{ST})\end{aligned}\tag{7}$$

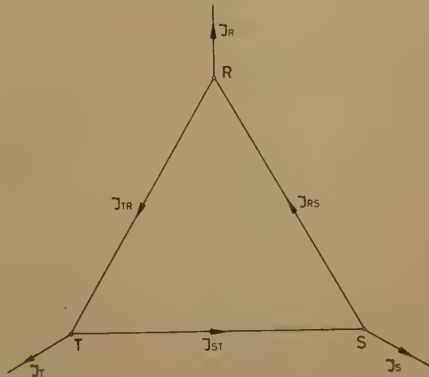


Abb. 4. Zusammensetzung der Phasenströme aus den Dreieckströmen

Setzt man die obigen Werte für die 6 Flüsse in die Formel für die vom Zähler gemessene Blindleistung ein, so erhält man nach einem langwierigen Rechengang, der hier nicht wiedergegeben ist, das Ergebnis:

$$N_{B90} = \frac{f}{\sqrt{3}} \cdot \left[\frac{\sin \varphi_{RS}}{Z_{RS}} + \frac{\sin \varphi_{ST}}{Z_{ST}} + \frac{\sin \varphi_{TR}}{Z_{TR}} \right] + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \left[\frac{\cos \varphi_{RS}}{Z_{RS}} \cdot (U_{TR}^2 - U_{ST}^2) + \frac{\cos \varphi_{ST}}{Z_{ST}} \cdot (U_{SR}^2 - U_{TR}^2) + \frac{\cos \varphi_{TR}}{Z_{TR}} \cdot (U_{ST}^2 - U_{RS}^2) \right] \quad (8)$$

wobei f den vierfachen Flächeninhalt des Spannungsdreieckes von Abb. 3 angibt und sich errechnet zu:

$$f = \sqrt{2 \cdot U_{RS}^2 \cdot U_{ST}^2 + 2 \cdot U_{ST}^2 \cdot U_{TR}^2 + 2 \cdot U_{RS}^2 \cdot U_{TR}^2 - U_{RS}^4 - U_{ST}^4 - U_{TR}^4} \quad (9)$$

Um den bei Spannungsunsymmetrie entstandenen Fehler in einfacher Weise zu berechnen, setzen wir die Belastungen in allen drei Phasen gleich, also

$$Z_{RS} = Z_{ST} = Z_{TR} = Z \text{ und} \\ \sin \varphi_{RS} = \sin \varphi_{ST} = \sin \varphi_{TR} = \sin \varphi.$$

Wir setzen ferner zwei Spannungen gleich $U_{RS} = U_{ST}$ und lediglich die dritte Spannung soll verschieden sein $U_{TR} = \kappa \cdot U_{RS}$.

Zur Vereinfachung setzen wir

$$U_{RS}^2 \cdot \frac{\sin \varphi}{Z} = K. \quad (10)$$

Die wahre Blindleistung nach Gl. (5) wird

$$N_{B\text{Soll}} = K \cdot (2 + \kappa^2). \quad (11)$$

Wir berechnen nun den Fehler des Zählers in Dreieckschaltung bei Abweichung einer Spannung zu

$$\Delta N_{B90} = N_{B90} - N_{B\text{Soll}} = K \cdot (\kappa \cdot \sqrt{3 \cdot (4 + \kappa^2)} - 2 - \kappa^2) \quad (12)$$

Der prozentuelle Fehler ist

$$F_{B90}^{\%} = \frac{\Delta N_{B90}}{N_{B\text{Soll}}} \cdot 100 = 100 \cdot (f(\kappa) - 1) \quad (13)$$

wenn für die Funktion

$$f(\kappa) = \frac{\kappa}{2 + \kappa^2} \cdot \sqrt{3 \cdot (4 - \kappa^2)}$$

gesetzt wird.

Man sieht, daß unter der Voraussetzung einer symmetrischen Phasenbelastung der prozentuelle Fehler

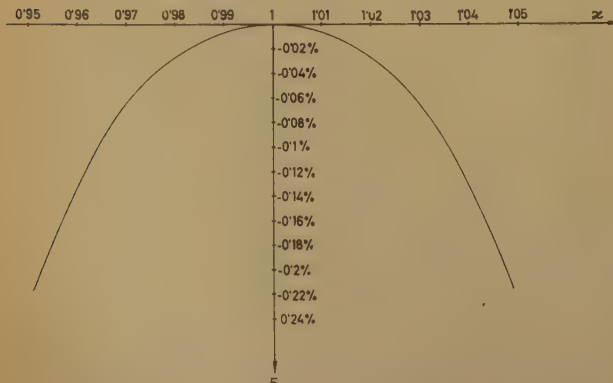


Abb. 5. Fehler des Blindverbrauchzählers mit 90° Abgleichwinkel in Abhängigkeit von der Spannungsunsymmetrie κ

vom Phasenwinkel φ unabhängig ist. Er ist nur abhängig von der Abweichung κ der einen Spannung gegenüber den beiden anderen. Die Gl. (13) ist in der Abb. 5 graphisch dargestellt. Das Ergebnis ist sehr günstig. Abweichungen von einigen Prozenten in der Spannungssymmetrie führen zu nur so kleinen Minusfehlern, daß sie gegen die Genauigkeit der Zähler vernachlässigbar sind. Bedenkt man, daß in Hochspannungsnetzen in den meisten Fällen die Belastung symmetrisch ist, so ergibt sich eine fast fehlerfreie Anzeige dieser Zähler auch bei mäßiger Spannungsunsymmetrie.

Es ist nun von Interesse, die Dreileiterzähler mit 60° Abgleich in gleicher Weise zu untersuchen und mit den Vierleiterzählern mit 90° Abgleich zu vergleichen. Wir wählen den genannten Dreileiterzähler deshalb, weil Nützelberger im ATM J 752-10 vom Juli 1943 eine Gleichung für die von diesem Zähler angezeigte Blindleistung abgeleitet hat. Wir geben diese Gleichung ihrer Länge wegen hier nicht wieder. Sie hat einen ähnlichen Aufbau wie unsere Gl. (8).

Leitet man die analoge Formel für die Dreileiterzähler ab wie jene, welche wir unter (13) für die Vierleiterzähler gefunden haben, so erhält man

$$F_{B60}^{\%} = 75 \cdot \left[\left(\frac{\kappa}{2 + \kappa^2} \cdot \sqrt{3 \cdot (4 - \kappa^2)} - 1 \right) + \cot \varphi \cdot \left(\frac{\kappa}{2 + \kappa^2} \cdot \sqrt{4 - \kappa^2} - \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \right] \quad (14)$$

und das Verhältnis der Fehler beider Zähler wird

$$\frac{F_{B60}}{F_{B90}} = 0,75 \cdot \left(1 + \frac{\cot \varphi}{\sqrt{3}} \right) \quad (15)$$

Um das Verhalten der beiden Zählertypen leichter vergleichen zu können, wurde das Verhältnis $\frac{F_{B60}}{F_{B90}}$ in

Abb. 6 graphisch dargestellt. Man erkennt, daß bei 60° Phasenverschiebung, also $\sin \varphi = 0,866$ die theoretischen Fehler gleich groß sind. Bei größerer Phasenverschiebung ist der Dreileiterzähler sogar etwas besser. Bei sehr kleinen Phasenwinkeln dagegen wächst der Fehler rasch ins Unendliche. Der Fehler des Vierleiterzählers ist, wie oben gezeigt, vom Phasenwinkel unabhängig.

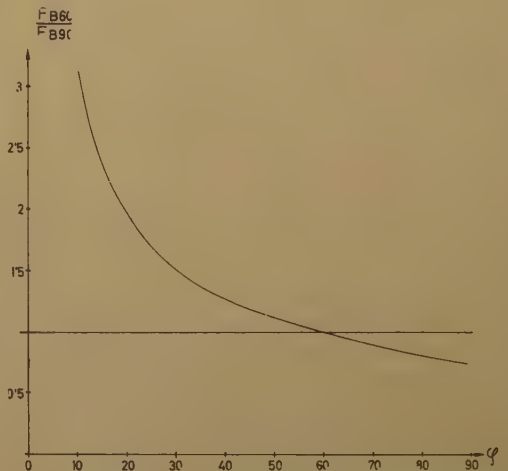


Abb. 6. Verhältnis der Fehler des Dreileiter-Blindverbrauchzählers mit 60° Abgleichwinkel zu den Fehlern des Vierleiter-Blindverbrauchzählers mit 90° Abgleichwinkel bei gleichzeitiger Belastung

3. Die Fehler des Vierleiterzählers in Dreieckschaltung bei Abweichungen vom gleichseitigen Spannungsdreieck bei einseitiger Belastung

Einseitige Belastungen zwischen zwei Außenleitern kommen in Hochspannungsnetzen wohl niemals vor, wenn wir diese näher untersuchen, so nur aus Gründen des Interesses.

Es sei daher wieder $U_{RS} = U_{ST}$ und $U_{TR} = \kappa U_{RS}$, wie bei unseren vorigen Untersuchungen. Da wir uns nun mit den einseitigen Belastungen befassen, werden in Gl. (8) abwechselnd $Z_{ST} = Z_{TR} = \infty$ bzw. $Z_{TR} = Z_{RS} = \infty$ und $Z_{RS} = Z_{ST} = \infty$ gesetzt. Wir erhalten somit für einseitige Belastung zwischen den Leitern RS bei der angenommenen Spannungsunsymmetrie folgende Fehlerwerte:

$$F_{B90}^{\%} = \left[\kappa \cdot \sqrt{\frac{4 - \kappa^2}{3}} - 1 + \frac{\kappa^2 - 1}{\sqrt{3}} \cdot \cot \varphi \right] \cdot 100 \quad (16)$$

beziehungsweise

$$F_{B60}^{\%} = \left[\kappa \cdot \sqrt{3 \cdot (4 - \kappa^2)} - \kappa^2 - 2 + (\kappa \cdot \sqrt{4 - \kappa^2} + \sqrt{3}(\kappa^2 - 2)) \cdot \cot \varphi \right] \cdot 25 \quad (17)$$

wenn man oben angeführte Substitutionen in Gl. (14) für die 60° Schaltung macht. Analog gilt für ST:

$$F_{B90}^{\%} = \left[\kappa \cdot \sqrt{\frac{4 - \kappa^2}{3}} - 1 + \frac{1 - \kappa^2}{\sqrt{3}} \cdot \cot \varphi \right] \cdot 100 \quad (18)$$

$$F_{B60}^{\%} = \left[\kappa \cdot \sqrt{3 \cdot (4 - \kappa^2)} + \kappa^2 - 4 + (\kappa \cdot \sqrt{4 - \kappa^2} - \sqrt{3} \cdot \kappa^2) \cot \varphi \right] \cdot 25 \quad (19)$$

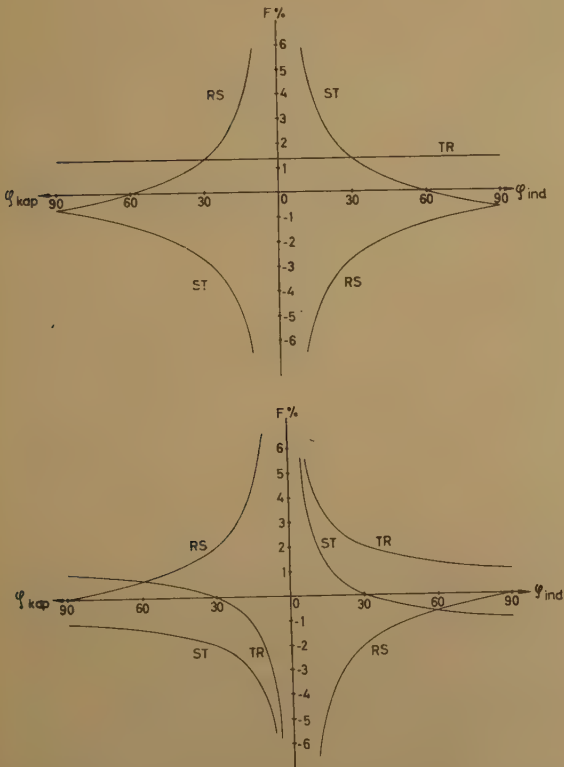


Abb. 7. Fehler der Blindverbrauchzähler bei einseitiger Belastung und einer Spannungsunsymmetrie $\kappa = 0,99$ in Abhängigkeit vom Phasenwinkel φ

- a) für Vierleiterzähler mit 90° Abgleichwinkel
- b) für Dreileiterzähler mit 60° Abgleichwinkel

und für TR:

$$F_{B90}^{\%} = \left[\frac{1}{\kappa} \cdot \sqrt{\frac{4 - \kappa^2}{3}} - 1 \right] \cdot 100 \quad (20)$$

$$F_{B60}^{\%} = \left[\frac{1}{\kappa} \cdot \sqrt{3 \cdot (4 - \kappa^2)} - 3 + \left(\frac{1}{\kappa} \cdot \sqrt{4 - \kappa^2} - \sqrt{3} \right) \cdot \cot \varphi \right] \cdot 25 \quad (21)$$

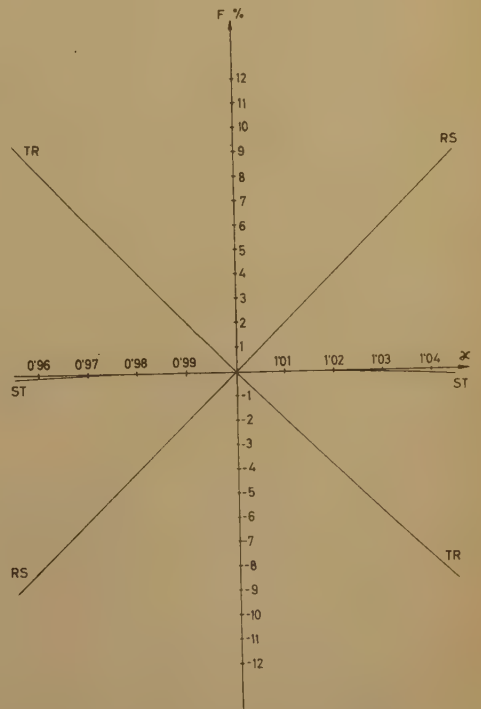
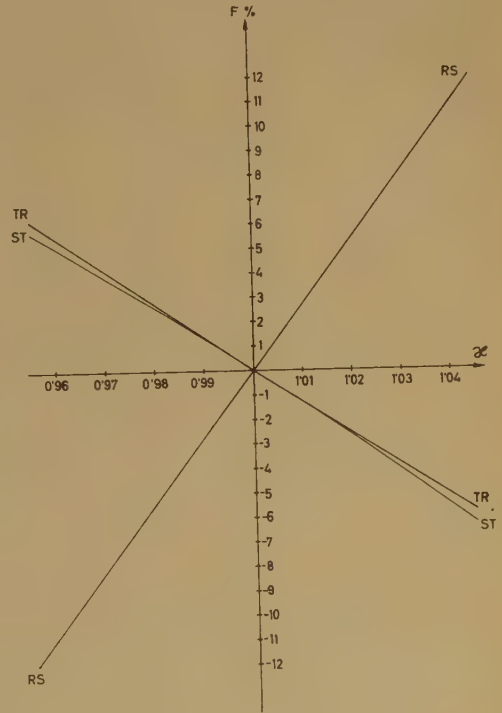


Abb. 8. Fehler der Blindverbrauchzähler bei einseitiger Belastung und einem Phasenwinkel $\varphi = 30^\circ$ in Abhängigkeit von der Spannungsunsymmetrie κ

- a) für Vierleiterzähler mit 90° Abgleichwinkel
- b) für Dreileiterzähler mit 60° Abgleichwinkel

Nun wollen wir die Ergebnisse für die drei einseitigen Belastungsfälle RS, ST, TR unter verschiedenen Gesichtspunkten vergleichen. Wir nehmen als erstes eine gewisse Spannungsunsymmetrie an und stellen die Funktion des Fehlers in Abhängigkeit vom Phasenwinkel φ dar. Dies ist in Abb. 7 geschehen, und zwar zeigt uns Abb. 7a die Fehler der Zähler mit 90° Abgleich bei $\kappa = 0,99$, während 7b die Fehler für die Zähler mit 60° Abgleich bei gleicher Unsymmetrie $\kappa = 0,99$ wiedergibt.

Eine andere Vergleichsmöglichkeit ergibt sich, wenn man einen gewissen Phasenwinkel annimmt und die Spannungsunsymmetrie variiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abb. 8a bzw. 8b für einen Phasenwinkel von $\varphi = 30^\circ$ festgehalten.

Es zeigen also beide Zählertypen ein ähnliches Verhalten, vorausgesetzt, daß die Zähler in der Eichstation richtig justiert worden waren. Die Fehler betragen in den ungünstigsten Fällen einige Prozente. Nun ist aber auf die bedeutende Überlegenheit der Vierleiterzähler mit 90° Abgleich hinzuweisen. Da die Wattmeter, mit welchen die Zähler geprüft werden, die gleiche Kunstschaltung erhalten wie die Zähler, kann kein zusätzlicher Fehler bei der Justierung entstehen. Die Justierung der Zähler erfolgt somit richtig. Den gleichen Vorteil besitzen übrigens auch die Dreileiterzähler mit 90° Abgleich (künstlicher Sternpunkt), wenn man sie mit 3 Wattmetern in Strelowschaltung prüft.

4. Zusammenfassung

Nachdem wir aufgezeigt haben, daß die theoretischen Fehler, die zufolge ungleichzeitigem Spannungsdreieck entstehen, in der Eichstation herausfallen, wenn die Wattmeter und Zähler die gleiche Kunstschaltung besitzen, bleibt nur die Frage, wie sich die vorzugsweise betrachteten Vierleiter-Blindverbrauchszähler in der Anlage verhalten. Nun kann man im allgemeinen annehmen, daß das Spannungsdreieck in Hochspannungsnetzen nahezu gleichseitig ist. Wie aus Abb. 5 hervorgeht, ist der Zählerfehler vernachlässigbar klein, solange die drei Impedanzen gleich sind. Werden die Impedanzen ungleich, dann werden die Fehler naturgemäß größer, doch wird dies in Hochspannungsnetzen selten vorkommen. Es ist daher ohne weitere Rechnung einzusehen, daß auch Unterschiede von einigen Prozenten additiv aus Strömen und Spannungen nur Fehler in der Größenordnung von wenigen Promille hervorrufen, welche bei Blindverbrauchszählern toleriert werden können.

Durch die Erzeugung von Blindverbrauchszählern mit 90° Abgleich, ergeben sich für die Zählerfabriken beträchtliche Vereinfachungen. Es entfällt die Herstellung von zusätzlichen Widerständen. Die zur Prüfung verwendeten Wattmeter haben die gleiche Schaltung wie die Zähler.

In den USA wird auch die Methode angewendet, zur Zählung des Blindverbrauches einen gewöhnlichen Wirkverbrauchszähler zu verwenden und die erforderliche 90° -Drehung der Spannungen mit einem sogenannten Quadraturtransformator zu erzeugen. Der Blindverbrauch wird demnach auch hier von Zählern in Kunstschaltung mit 90° Abgleich gemessen. Es ergibt

sich bei dieser Methode der Vorteil, daß der gleiche Zähler entweder für Wirkverbrauch oder für Blindverbrauch benützt werden kann, wobei der Multiplikator des Zählwerkes der gleiche bleibt. In Abb. 9 ist die Schaltung eines derartigen Quadraturtransformators in Sparschaltung für einen Dreileiterzähler dargestellt. Die Sparschaltung hat den Vorzug des geringeren Eigenverbrauches gegenüber einem Zweiwicklungstransformator, was im Interesse einer geringen Bürde der Spannungswandler erwünscht ist, jedoch erfordert sie die Anordnung von je zwei eigenen Anschlußklemmen

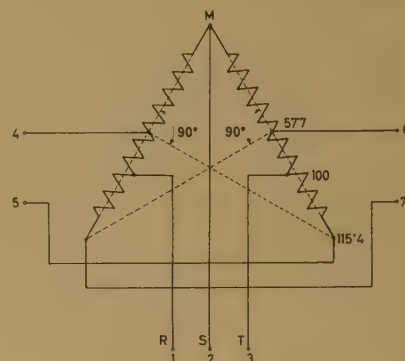


Abb. 9. Quadraturtransformator der Westinghouse El. Co. Anschluß der Zählerspannungsspulen an 4-5 und 6-7

für die Spannungsspulen des Zählers. Bei Vierleiterzählern werden also zwei weitere Klemmen benötigt [6].

Solche Klemmenblöcke sind in Europa nicht üblich. Man müßte die Quadraturwandler mit zwei getrennten Wicklungen ausstatten und die hiedurch bewirkte Verteuerung, sowie Erhöhung des Eigenbedarfs macht eine solche Anordnung unwirtschaftlich.

Schließlich sei wiederholt, daß unsere Betrachtungen sich nur auf Hochspannungsanlagen beziehen, in welchen keine durch die Abnehmer verursachten Nulleiterströme auftreten. In Niederspannungsnetzen, in welchen durch einphasige Belastungen gegen den Nulleiter ein Spannungsabfall in letzterem und damit eine Nullpunktverlagerung hervorgerufen wird, müssen die Blindverbrauchszähler in echter Schaltung herangezogen werden, wenn auf eine einwandfreie Messung Wert gelegt wird.

Literatur

- [1] H. WEISS: Der Einfluß der Nullpunktverlagerung in Hochspannungsnetzen auf die Leistungsmessung. ÖZE 1952, H. 12.
- [2] H. WEISS: Zur Frage der Präzisionszählung in Hochspannungsnetzen mit Erdstromkompensation. ÖZE 1955, H. 11/12.
- [3] H. NÜTZELBERGER: Einfluß eines unsymmetrischen Spannungsdreieckes auf die Einstellung und Prüfung von Blindverbrauchszählern. ATM J 752-10.
- [4] H. NÜTZELBERGER: Abweichung der Prüfwerte von den Einstellwerten bei Blindverbrauchszählern. ATM J 752-11.
- [5] S. FRANK: Zählung der Drehstromarbeit in Hochspannungsnetzen. ATM V 3416-1.
- [6] BEETZ-SCHROHE-FORGER: Elektrizitätszähler und Meßwandler. Verlag G. Braun, 1959.

Stand der Elektrizitätswirtschaft in den Vereinigten Staaten

1) Die oberste für die Elektrizitätswirtschaft zuständige Behörde der USA ist die „Federal Power Commission“ (FPC, Bundesenergiebehörde) in Washington, die unmittelbar dem Staatspräsidenten untersteht, also eine Art Ministerium darstellt. Außer für elektrische Energie ist die FPC auch für die Erdgasnutzung und für die allgemeine Wasserwirtschaft zuständig. Jedoch erstreckt sich die Aufsicht und Kontrolle der FPC nur auf solche EVU, die einen Stromtransport über die Grenzen eines Bundesstaates hinaus durchführen; das beruht auf dem föderativen Charakter der amerikanischen Verfassung.

Die FPC hat das Gesamtgebiet der USA (ohne Alaska und Hawai) in acht Regionalbezirke zusammengefaßt, die jeweils mehrere Bundesstaaten umfassen. Diese acht Regionen sind:

- I. Nordosten (Neu-England-Staaten),
- II. Zentrum Osten (Gebiet der großen Seen),
- III. Südosten (Südstaaten und Florida),
- IV. Zentrum Norden (Mittlerer Westen),
- V. Zentrum Süden (Texas und Nachbarstaaten),
- VI. Zentrum Westen (Präriestaaten),
- VII. Nordwesten (Pazifikküste),
- VIII. Südwesten (Kalifornien und Nachbarstaaten).

Diese Regionalbezirke sind bloß Verwaltungseinheiten und sind nicht mit den verschiedenen Verbundnetzgebieten der USA identisch. Die Region I z. B. enthält zwei voneinander unabhängige Verbundnetze, während andererseits das weitaus größte Verbundsystem, der „Central Power Pool“, sich über Teile der Bezirke II bis VI erstreckt. Die zur Stromerzeugung benutzte Rohenergie ist in Neu-England vorwiegend Öl, in den Regionen II bis IV hauptsächlich Kohle, in den Bezirken V und VI vor allem Erdgas und nur in den beiden westlichsten Regionen überwiegend Wasserkraft. Die Benutzung von Atomkraft ist noch ganz unbedeutend. Insgesamt beträgt die hydraulische Erzeugung 20 bis 25% der Gesamterzeugung. Nach Besitzverhältnissen betrachtet gibt es innerhalb der öffentlichen Versorgung der USA sowohl staatliche als auch private und schließlich gemischtwirtschaftliche EVU.

2) Obwohl die meisten großen EVU in mehr als einem Bundesstaat arbeiten, also von der FPC erfaßt werden, so erreichen deren Unterlagen doch nur etwa 90% der gesamten öffentlichen Elektrizitätsversorgung. Umfassender sind die vom „Edison Electric Institute“ in New York veröffentlichten Statistiken; das ist eine private Vereinigung der EVU und der Elektroindustrie, die etwa 97% aller EVU erfaßt, insbesondere alle größeren. Die Statistiken werden vom „Electric Power Survey Committee“ (Ausschuß für Elektrizitätsplanung) des Instituts zusammengestellt, an dessen Spitze Herr A. S. GRISWOLD von der Detroit Edison Co steht, einem der größten amerikanischen EVU.

Der Ausschuß beschäftigt sich in drei Untergruppen laufend mit Erzeugung und Verbrauch (Belastungsausgleich und Bedarfsdeckung), ferner mit Kraftwerksausrüstungen und schließlich mit Problemen des Zivilschutzes. Der Hauptzweck ist, den zu erwartenden Zuwachsbedarf festzustellen und das Programm der Elektroindustrie zur Herstellung der benötigten Ausrüstungen entsprechend abzustimmen. Der Ausschuß veröffentlicht regelmäßig Halbjahresberichte; der letzterschienene dieser Berichte, vom April 1960, bringt folgende Angaben, die praktisch für die gesamte öffentliche Versorgung der USA (außer Alaska und Hawai) als gültig angesehen werden können.

3) Die verfügbare Gesamtleistung, die Höchstbelastung (Summe aller Einzelnetze) und der Reservefaktor werden sowohl für die Jahresmitte (höchste Sommerlast) als auch

für das Jahresende (höchste Winterlast) angegeben. Die tatsächlichen Werte für die beiden letzten Jahre und die geschätzten Werte für die folgenden vier Jahre betragen:

A) Jahresmitte:

	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Verfügbare Leistung, GW	137	155	166	178	187	199
Zuwachs in %	—	13,1	7,3	7,1	5,1	6,6
Höchstlast GW	109	122	133	142	153	165
Zuwachs in %	—	11,9	9,2	7,2	7,6	7,4
Reservefaktor, %	25,9	27,2	25,1	25,0	22,1	21,1

B) Jahresende:

	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Verfügbare Leistung, GW	144	158	170	181	192	203
Zuwachs in %	—	9,9	7,6	6,5	6,0	5,5
Höchstlast GW	113	122	134	143	154	164
Zuwachs in %	—	8,0	9,8	6,7	7,7	6,5
Reservefaktor, %	27,1	30,2	27,6	26,5	25,3	23,6

Daß die verfügbare Leistung im Sommer durchwegs niedriger ist als im Winter, ist nur auf die während der zweiten Hälfte jedes Jahres fertigwerdenden Neubauten zurückzuführen. Die Höchstlast dagegen ist seit 1959 im Sommer bereits ebenso hoch wie im Winter, was auf die hervorragende Rolle der elektrischen Kühlung hinweist, während die Heizung hauptsächlich durch Öl erfolgt. Der Reservefaktor ist daher im Winter besser als im Sommer.

4) Obige Werte der Jahre 1960 bis 1963 gelten für Regeljahrbedingungen, doch sind die Leistung und der Reservefaktor in Trockenjahren nur unwesentlich (im Winter um 2,5%, im Sommer um 1,5%) niedriger, wegen der relativ geringen Rolle der Wasserkraft. Die angegebenen verfügbaren Leistungen und Reservefaktoren sind die theoretisch höchsten Werte; in Wirklichkeit sind sie kleiner wegen der notwendigen Instandhaltung, Reparaturen, Störungen und anderen Ausfällen. Doch ist die verbleibende Reserve für unvorhergesehene Belastungen überraschend hoch, und zwar wegen der Wirtschaftsrezession von 1958, die den erwarteten Belastungszuwachs verminderte, während der Zuwachs an Neubauten unverändert wie vorgesehen vor sich ging. Wie aus obigen Tabellen ersichtlich, wird angenommen, daß der Reservefaktor bis 1963 auf übliche Werte zurückgeht.

Im Mittel des Jahrzehnts 1958 bis 1963 soll die verfügbare Leistung im Winter um 7,1% per Jahr, im Sommer um 7,7% jährlich zunehmen. Die mittlere jährliche Zunahme der Höchstlast in der gleichen Periode ergibt sich dagegen mit 7,7% im Winter, bzw. mit 8,6% im Sommer. Auch diese Ziffern zeigen das allmähliche Zurückbleiben der Neubauleistung gegenüber dem Lastzuwachs einerseits, bzw. das stärkere Anwachsen der Sommerlast gegenüber dem Winter andererseits.

Die vorausgesehene Lastzunahme liegt merkbar höher, als in Europa mit 7,2% angenommen, trotz der schon jetzt viel höheren Kopfquoten des Verbrauchs in den USA. Doch scheinen die vom „Edison Electric Institute“ geschätzten Ziffern gut begründet, da sich für die 15-Jahr-Periode 1948 bis 1963 eine Leistungszunahme von durchschnittlich 9,2% pro Jahr und ein mittlerer jährlicher Lastzuwachs von 8,1% ergibt, beides für den Winter gerechnet. Diese Werte sind

natürlich auf den höheren Nachholbedarf der Nachkriegsjahre bis 1958 zurückzuführen.

5) Folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Gesamt-erzeugung der USA (ohne Alaska und Hawaii); für die beiden letzten Jahre sind die tatsächlichen Werte, für die folgenden vier Jahre geschätzte Werte angegeben:

	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Erzeugung in TWh . . .	641	707	770	826	883	944
Jährliche Zunahme in TWh	—	66	63	56	57	61
Jährliche Zunahme in % . .	—	10,3	8,8	7,3	6,9	6,9
Belastungs-faktor in % . . .	64,5	66,4	65,6	65,7	65,6	65,5
Belastungs-dauer in h . . .	5 650	5 810	5 750	5 760	5 750	5 740

Die gesamte jährliche Zunahme der Erzeugung liegt prozentuell etwa gleich hoch wie der Zuwachs der Höchstlast, so daß die Belastungsdauer (früher Benutzungsdauer genannt) ungefähr gleich bleibt. In Österreich ist die Belastungsdauer etwas höher. Der mittlere, für das Jahr 1958 bis 1963 geschätzte Erzeugungsanstieg beträgt 8,0%; für die 15-Jahr-Periode ab 1948 wird der mittlere Erzeugungszuwachs 8,5%.

6) Wie aus den Tabellen in Abschnitt 3) hervorgeht, wird pro Jahr ein Neubauprogramm von 11 bis 12 GW angenommen. Hievon befinden sich bereits in Bestellung:

Inbetriebsetzung	Thermisch		Hydraulisch		Summe	
	Zahl der Sätze	GW insges.	Zahl der Sätze	GW insges.	Zahl der Sätze	GW insges.
1960	85	10,3	26	1,6	111	11,9
1961	55	7,9	45	3,4	100	11,3
1962	47	8,7	33	1,5	80	10,2
1963	23	4,7	15	1,1	38	5,8
1964–1965 . .	10	2,1	12	0,8	22	2,9
Summe	220	33,7	131	8,4	351	42,1

Hiezu kommen noch 2 GW, die in Bestellung sind, aber deren Inbetriebnahmedaten noch nicht bekannt sind. Nach Besitzverhältnissen geordnet, befinden sich in Bau bzw. in Bestellung:

	Thermisch		Hydraulisch		Summe	
	Zahl der Sätze	GW insges.	Zahl der Sätze	GW insges.	Zahl der Sätze	GW insges.
Privatbesitz . .	166	29,3	27	1,1	193	30,4
Bundesbesitz (USA)	4	2,1	48	2,6	52	4,7
Besitz von Einzelstaaten . .	50	2,3	56	4,7	106	7,0
Summe	220	33,7	131	8,4	351	42,1

Wie ersichtlich, sind die privaten EVU mit etwa drei Viertel der Leistung absolut vorherrschend; sie beschränken sich aber fast ausschließlich auf thermische Erzeugung. Die staatlichen Werke hingegen, sowohl die bundes- als auch die einzelstaatlichen, sind überwiegend hydraulisch.

7) Die mittlere Leistung pro Einheit beträgt 120 MW, bzw. 153 MW bei den thermischen und 64 MW bei den hydraulischen Aggregaten, entspricht also unseren größten Einheiten. Bei den thermischen Generatorsätzen steigt die mittlere Leistung von 121 MW im Jahre 1960 stetig auf 210 MW an; bei den Wasserkrafteinheiten ist ein so regelmäßiger Anstieg nicht festzustellen.

Die größten in Bestellung befindlichen thermischen Sätze sind:

- 1 Einheit für 600 MW (Betriebsbeginn 1962, Station Paradise der Tennessee Valley Authority)
- 4 Einheiten zu 500 MW (1 für die Commonwealth Edison Co, 3 für die Tennessee Valley Authority und

2 Einheiten zu 450 MW (1 für die Ohio Power Co, 1 für die Indiana & Michigan Electric Co).

Einheiten unter 100 MW machen zusammen nur mehr 7,5% der gesamten thermischen Neubauleistung von 33,7 GW aus.

Die größten hydraulischen Sätze sind die 13 von der Power Authority of the State of New York für das Pumpspeicherwerk Lewiston an den Niagarafällen bestellten Aggregate von je 150 MW. Für das Kraftwerk Rocky Reach im Chelan County im Staate Washington sind 7 Wasserkrafteinheiten zu je 111 MW in Bestellung.

8) Der so geringe Einsatz von Kernkraftwerken in den USA ist auf die überreichlichen Reserven konventioneller Rohenergien einerseits und die noch viel zu hohen Erzeugungskosten des Atomstroms andererseits zurückzuführen. Von drei Kleinkraftwerken abgesehen, arbeitet derzeit nur der Druckwasserreaktor mit 60 MWel der Duquesne Light Co in Shippingport.

In den in Abschnitt 6) aufgezählten thermischen Einheiten sind nur 7 mit Atomkraft betriebene Sätze enthalten, und zwar

- 1 für 255 MW (Station Indian Point der Consolidated Edison Co. of New York), Druckwassertype,
- 1 für 180 MW (Station Dresden der Commonwealth Edison Co), Siedewassertype,
- 1 für 145 MW (Station Rowe der Yankee Atomic Electric Co), Druckwassertype,
- 1 für 100 MW (Station Enrico Fermi der Detroit Edison Co), Schnellbrüterreaktor,
- 1 für 66 MW (Station Pathfinder der Northern States Power Co), Siedewassertype,
- 1 für 60 MW (Station Humboldt Bay der Pacific Gas & Electric Co), Siedewassertype, und
- 1 für 40 MW (Station Peach Bottom der Philadelphia Electric Co), Hochtemperaturreaktor.

Ferner sind in Bestellung:

- 1 Natrium-Graphit-Reaktor von 75 MW, für den Consumers Public Power District in Hallam, Nebraska,
 - 1 Siedewasserreaktor von 50 MW, für die Consumers Power Co in Big Rock Point, Michigan,
 - 1 Schwerwasserreaktor von 50 MW, für die East Central Nuclear Group an der Westküste Floridas,
 - sowie 7 diverse kleinere Einheiten. 3 Großanlagen mit je 300 MWel sind für die Inbetriebnahme ab 1964/65 geplant.
- 9) Für den neuen Bundesstaat Alaska liegt noch keine genauere Statistik vor; ein Verbundnetz existiert nicht wegen der niedrigen Bevölkerungsdichte. Alaska ist an Fläche der größte, an Bevölkerung der kleinste Bundesstaat der USA.

Dagegen gibt es für den zuletzt angeschlossenen Bundesstaat Hawai genaue Statistiken und Prognosen; die den obigen Tabellen 3 B) und 5) entsprechenden Werte für die Winterleistungen und die Jahreserzeugung sind wie folgt:

	1958	1959	1960	1961	1962	1963
Verfügbare Leistung, MW	416	474	475	531	531	613
Zuwachs in %	—	13,9	0,2	11,8	0,0	15,4
Höchstlast, MW	298	335	368	399	429	457
Zuwachs in %	—	12,4	9,9	8,4	7,5	6,5
Reservefaktor, %	39,6	41,5	29,1	33,1	23,8	34,1
Erzeugung in GWh . . .	1 425	1 603	1 789	1 949	2 108	2 250
Jährlicher Zuwachs in GWh	—	178	186	160	159	142
Jährlicher Zuwachs in % . .	—	12,5	11,6	8,9	8,2	6,7
Belastungs-faktor in % . .	54,6	54,6	55,3	55,8	56,1	56,2
Belastungs-dauer in h . .	4 790	4 790	4 850	4 890	4 920	4 930

Da zwischen den einzelnen Inseln des Archipels kein Verbundbetrieb besteht, ist der Reservefaktor viel höher (und der Belastungsfaktor niedriger) als in den kontinentalen USA.

10) Die zweite Untergruppe des „Electric Power Survey Committee“ im „Edison Electric Institute“, die sich mit den Kraftwerksausrüstungen befaßt, gibt in dem hier zitierten Halbjahresbericht vom April 1960 genaue Zahlen über die in der USA-Elektroindustrie in Herstellung befindlichen Großmaschinen (Generatoren ab 4 MW, Wasserturbinen ab 5 000 PS, Dampfkessel ab 32 atm, Transformatoren ab 500 kVA). Die Angaben unterscheiden sich von den in Absatz 6) angegebenen, da sie auch die für Industrieanlagen und für den Export bestimmten Maschinen enthalten, andererseits aber nicht die von den amerikanischen EVU im Ausland bestellte Ausrüstung. Die jährliche Erzeugungskapazität von Turbosätzen wird mit insgesamt rund 16 GW angegeben, die von Wasserkraftgeneratoren mit 3,5 GW, von hydraulischen Turbinen mit 4,5 Mio PS, von Dampfkesseln mit 77 000 t/h, von Transformatoren mit 80 GVA.

Diese Kapazitäten werden im laufenden Jahr nur bei Wasserkraftgeneratoren ziemlich ausgenützt, für alle anderen Erzeugnisse gibt es noch reichliche unausgenutzte Produktionsreserven. Turbosätze unter 10 MW wurden für Lieferung nach 1960 überhaupt keine mehr bestellt. Verteiltransformatoren unter 10 MVA machen etwa ein Viertel der Ge-

samtleistung aller bestellten Transformatoren aus, Ein Vergleich mit europäischen Verhältnissen liegt für das Jahr 1954 vor:

Lieferkapazität pro Jahr		USA	Westeuropa
Turbosätze	GW	14,5	10,5
Wasserkraftaggregate	GW	3,5	6,5
Dampfkessel	t/h	65 000	?
Transformatoren	GVA	75	?
Verfügbare Leistung	GW	104	71
Höchstlast	GW	86	64
Reservefaktor	%	21	11

Die amerikanische Produktionskapazität ist also seitdem um etwa 10% gestiegen, mit Ausnahme der hydraulischen Generatorsätze. Die westeuropäische Produktionskapazität ist im Verhältnis zu den Netzleistungen fast 40% höher als die amerikanische; sie dürfte daher noch schlechter ausgenützt sein, wenngleich sie einen höheren Exportanteil aufweist als die USA-Industrie. Die höhere Kapazität für Hydrosätze entspricht dem größeren Anteil des hydraulischen Stromes, der in Westeuropa etwa 40% der Gesamt-erzeugung erreicht.

Die dritte Untergruppe des Ausschusses, für Fragen des Zivilschutzes im Krieg, hat die Ergebnisse ihrer Arbeiten nicht veröffentlicht.

Dipl.-Ing. VIKTOR GRABER

Energiewirtschaftliche Kurzberichte

Zur Feier der Inbetriebnahme des Dampfkraftwerkes St. Andrä II hatte sich über Einladung des Herrn Bundesministers für Verkehr und Elektrizitätswirtschaft, Dipl.-Ing. WALDBRUNNER, und der Österreichischen Draukraftwerke A.G eine große Zahl prominenter Persönlichkeiten aus dem In- und Ausland eingefunden. Der Festakt wurde durch Dir. Dipl.-Vw. KUGLER eröffnet. Nach Begrüßung der Festgäste ging er auf die äußerst beachtlichen Leistungen der Österreichischen Draukraftwerke A.G. ein, die in den letztvergangenen Jahren das Dampfkraftwerk Voitsberg zum zweiten Male erweitert, das Winterspeicherwerk Reisseck-Kreuzeck errichtet und nunmehr auch das Dampfkraftwerk St. Andrä II fertiggestellt haben. Durch ihre Bauleistungen sei die Österreichische Draukraftwerke A.G. zum größten Stromerzeuger Österreichs geworden. Derzeit im Bau befinde sich das Draukraftwerk Edling und das Dampfkraftwerk Zeltweg, in Planung befänden sich das Winterspeicherwerk Inneres Maltatal-Kolbnitz und weitere sieben Ausbaustufen an der Drau. Sowohl von Dir. Kugler als auch in der nachfolgenden Rede Dir. Dipl.-Ing. WERNERS wurde die Bedeutung der im modernen Kraftwerksbau erreichten weitgehenden Automation aller Arbeitsvorgänge für den Menschen, der nicht Sklave, sondern Beherrscher der Maschine sein müsse, hervorgehoben. An Hand der Auslegungsdaten der neuen Anlage würdigte Dir. Werner die in unserem Atomzeitalter viel zu wenig beachteten großartigen Fortschritte, welche in den letzten zwei Jahrzehnten im Bau konventioneller Dampfkraftwerke gemacht worden seien; er legte anschließend auch eingehend die Gründe dar, welche für die technische Auslegung der Anlage entscheidend gewesen waren. Er kündigte an, daß die Österreichische Draukraftwerke A.G. nach einer Phase, in der sich die kalorische Stromerzeugung in den Vordergrund geschoben habe, nunmehr wieder den Wasserkraftausbau intensivieren werde. Für die Belegschaft sprach Zentralbetriebsratsobmann INTHAL, für die Firmen Dir. Dipl.-Ing. PURSCHKE von der Siemens-Schuckertwerke Ges. m. b. H. Nachdem Landeshauptmannstellvertreter KRASSNIG den Dank des Landes Kärnten an alle, die an der Errichtung des Werkes mitgewirkt haben, und insbesondere an Herrn Bundesminister Dipl.-Ing. Wald-

brunner für die von ihm gewährte vorbildliche Unterstützung zum Ausdruck gebracht hatte, sprach Sektionschef Dipl.-Ing. Fürst, BMfVuE, Sektion IV, an Stelle des am persönlichen Erscheinen verhinderten Bundesministers. In der Rede wurde die Hilfe hervorgehoben, welche die Elektrizitätswirtschaft dem Kohlenbergbau angedeihen ließ, indem im Jahr 1959 25,8% der insgesamt in Österreich erzeugten 14,8 Mrd. kWh in Wärmekraftwerken erzeugt wurden, also bedeutend mehr als der wirtschaftlich optimale Anteil von 15 bis 20%. An dieser Hilfe habe die Österreichische Draukraftwerke A.G. einen besonders großen Anteil genommen und darüber hinaus wertvolle Beiträge zur Förderung wirtschaftlich noch weniger erschlossener Gebiete Kärntens geleistet. Am heutigen Tage müsse aber auch der besonderen Leistung gedacht werden, welche die Österreichische Draukraftwerke A.G. durch den Bau des technisch außerordentlich interessanten Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck vollbracht habe. In Würdigung all der großen Leistungen der Österreichischen Draukraftwerke A.G. um den Aufbau der österreichischen Stromversorgung seit dem zweiten Weltkrieg würden am Nachmittag einer Reihe ihrer Gefolgschaftsmitglieder und auch einer Anzahl von Mitarbeitern der Lieferfirmen vom Herrn Bundespräsidenten verliehene Auszeichnungen überreicht werden.

Nachstehend einige der bei der Veranstaltung angegebenen wirtschaftlichen Daten:

Anteil der Österr. Draukraftwerke
A. G. an der Stromerzeugung
Österreichs im Jahr 1959 . . . 1 714 473 000 kWh,
d. s. rd. 12 0/0.

Errichtungskosten des Dampfkraft-
werkes St. Andrä II 344 Mio S,
davon gedeckt aus:

Weltbankanleihe 1956 181 Mio S,
Energieanleihe 1957 55 Mio S,
Energieanleihe 1959 83 Mio S,
Kapitalaufstockung 13 Mio S,
laufenden Abschreibungen . . . 12 Mio S.

Jährlicher Kohlenbezug der Österreichischen Draukraftwerke A.G.
für Dampfkraftwerk Voitsberg . 700 000 t Braunkohle,
für Dampfkraftwerk St. Andrä . 650 000 t Braunkohle.

Lagerbestände Ende Oktober 1960

in Voitsberg rd. 500 000 t Braunkohle,
in St. Andrä rd. 400 000 t Braunkohle,
Gesamtwert rd. 140 Mio S.

Im Anschluß an die Eröffnungsfeier hatten die Teilnehmer an der Veranstaltung Gelegenheit, die Werksanlagen zu besichtigen. K. S.

Der Verbundkonzern veranstaltete am 3. November eine Pressekonferenz. Gen.-Dir. der Verbundgesellschaft, Dipl.-Ing. F. HINTERMAYER, begrüßte die zahlreich erschienenen Vertreter der Tages- und Fachpresse und wies auf den überdurchschnittlichen Anstieg des Strombedarfes in Österreich, der die Erweiterung der Kraftwerkskapazität und des Verbundnetzes bedingt, hin. Diesem Zwecke dient die Energieanleihe 1960. Über die Bedingungen dieser Anleihe gab Direktor Dr. K. KÖLLIKER Aufschluß.

In einer überzeugenden Weise wurde der Nachweis erbracht, wie zweckmäßig die Anleihen des Verbundkonzerns verwendet werden: Es wurde ein äußerst lehrreicher Farbfilm der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter vorgeführt und durch Dipl.-Ing. W. KRAUTT, Leiter der Abteilung Leitungsbau der Verbundgesellschaft, kommentiert. Dieser Film, wohl das Beste in seiner Art, verdient, allen Anleihezeichnern vorgeführt zu werden. Technik und Naturschönheit kommen zu gleichen Teilen zur vollen Geltung.

Die Planungen der Verbundgesellschaft für die nächsten Jahre schließt u. a. die Herstellung einer leistungsfähigen Höchstspannungsfreileitung als Ost-West-Verbindung zwischen dem Kraftwerk Kaprun und dem Umspannwerk Bürs in Vorarlberg im Zusammenhang mit der Errichtung des Umspannwerkes Westtirol bei der Mündung der Ötz in den Inn ein.

Die Notwendigkeit einer leistungsfähigen Ost-West-Verbindung wird schon lange empfunden. Die Übertragungsfähigkeit der nach Kriegsende errichteten 110-kV-Leitung über den Arlberg reicht für die in Frage kommenden Leistungen nicht aus. Es hatte schon die zum Zeitpunkt der Errichtung dieser Leitung noch bestandene AEW beantragt, die Übertragung über den Arlberg mit 220 kV zu tätigen. Der eingeführte Verbundbetrieb der österreichischen und deutschen Hochspannungsnetze erfordert nachdrücklich eine weitere, ausreichend leistungsfähige Verbindung, die eine grundlegende Voraussetzung auch für den Zusammenschluß mit dem Hochspannungsnetz der Schweiz im besonderen, mit Westeuropa im allgemeinen ist. Unaufschiebbar ist die Schaffung der Ost-West-Verbindung auch mit Rücksicht auf die zwischenzeitig getätigten Stromleitungsvereinbarungen mit dem RWE, die den Bezug von Energie aus Aschach und von Sommerenergie aus dem Verbundnetz zum Gegenstand haben. Die Ost-West-Verbindung und die Errichtung eines Umspannwerkes wird auch mit Rücksicht auf den zu gewärtigenden Bau neuer Kraftwerke in Tirol notwendig. In diesem Umspannwerk soll auch die Übergabe der Energie, die die TIWAG in einem neu zu errichtenden Kraftwerk im Kaunertal erzeugen und an das RWE liefern wird, erfolgen.

Auch die Planung des Umspannwerkes Westtirol wiederholt eine bereits bestandene Absicht: Als die Errichtung der Kraftwerke im Ötzgebiet (Vent, Zwieselstein, Bruggen I, II, Plangeross, Kühtai, Ochsegarten und Ötztal) zur Debatte stand, sollte das Umspannwerk Haiming errichtet werden, von dem aus die in dieser Kraftwerksgruppe zu gewinnende Energie verteilt werden soll. Die in diesem Umspannwerk einmündenden Freileitungen wurden trassiert und die behördliche Genehmigung zur Errichtung der Leitungen

an die Unternehmen, die die Leitungen bauen sollten, erteilt.

Im Zuge des östlichen Teiles der Ost-West-Verbindung, also im Abschnitt Umspannwerk Westtirol—Kaprun, wird das Umspannwerk Zell am Ziller (unweit vom Kraftwerk Gerlos) errichtet.

Hier wird die Energie aus dem Gerloswerk, evtl. aus dem geplanten Werk Durlaßboden, ins Verbundnetz übergeleitet. Der 110-kV-Leitungsabschnitt Mittersill—Gerloswerk, im Krieg als Behelfsleitung ausgeführt, wird aufgegeben, da seine Instandsetzung zu teuer wäre und der Energietransport über die geplante 220-kV-Leitung Kaprun—Zell am Ziller erfolgen kann. In das Umspannwerk Zell am Ziller würde auch die in den projektierten Zemmekraftwerken der Tauernkraftwerke A.G. zu gewinnende Leistung (360 MW, 720 GWh) eingeführt werden. Die Energie dieser Kraftwerke kann dann über die geplanten Leitungsteile nach Innerösterreich und nach dem Westen transportiert werden.

Die mit dem neu zu errichtenden Umspannwerk Westtirol zu lösenden Aufgaben setzen den Bau der folgenden Leitungsabschnitte der Ost-West-Verbindung voraus.

Der 220-kV-Leitung Umspannwerk Westtirol—Vill (46,5 km);
des 220-kV-Leitungsabschnittes Vill—Jenbach (34 km),
der mit einem System bestückt bereits besteht;
des 220-kV-Leitungsabschnittes Jenbach—Umspannwerk Zell am Ziller (27 km);
des 220-kV-Leitungsabschnittes Zell am Ziller—Kaprun (70 km).

Der letzte Leitungsabschnitt wird als Zweierbündelleitung ausgeführt.

Für den Anschluß an das Verbundnetz der Deutschen Bundesrepublik ist der Bau des 380-kV-Leitungsabschnittes Umspannwerk Westtirol—Marienberger Joch—Staatsgrenze bei Vils (52 km) notwendig. Diese Leitung wird als Viererbündelleitung ausgeführt. Vorerst werden nur die Abspannmaste für 380 kV isoliert, die Tragmaste werden aus wirtschaftlichen Gründen vorerst nur Isolatoren für 220 kV erhalten, da die Leitung zu Beginn mit dieser Spannung betrieben werden soll.

Für den Anschluß an die Kraftwerke der Vorarlberger Illwerke wird die 380-kV-Leitung Westtirol—Bürs (91 km) zu errichten sein.

Der Anschluß nach Italien wird über eine zu errichtende 220-kV- oder 380-kV-Freileitung erfolgen. Die Trasse für diese Leitung wurde reserviert.

Im Einvernehmen mit den Dienststellen der Tiroler Landesregierung und den örtlichen Behörden wird das Umspannwerk Westtirol vorläufig nur für den Betrieb mit max. 220 kV ausgelegt und die Möglichkeit des Überganges auf 380 kV geschaffen. Das Umspannwerk wird auch erweiterungsfähig geplant und ausgeführt, um die Leistungen der im Ötzgebiet zu errichtenden Kraftwerksgruppen übernehmen und verteilen zu können. In seinem Vollausbau und nach Errichtung der geplanten Kraftwerke wird das Umspannwerk Westtirol eine wichtige Drehscheibe für die Verteilung der Energien in den Netzen Österreichs, Deutschlands, Italiens und der Schweiz sein, über welche auch die Pumpstromverteilung erfolgen kann. H. K.

In der Zeit vom 17. bis 19. Oktober fand die diesjährige Herbsttagung der UCPTE in den Haag statt. Im Rahmen dieser Tagung wurden die Sitzungen der Arbeitsgruppe für Dampfkraftwerke, des Comité restreint, des Comité élargi und der Vollversammlung durchgeführt.

Die Arbeitsgruppe für Dampfkraftwerke beschäftigte sich mit dem Bericht über die Verwirklichung des thermischen Erzeugungsprogramms im ersten Halbjahr 1960 und mit jenem des voraussichtlichen thermischen Einsatzes im Winter 1960/61; auf Grund der Einzelmeldungen wurden

auch die Energiebilanzen für Schwachlast- und Starklastzeiten in den sechs Wintermonaten bei verschiedenen Wasserverhältnissen diskutiert und ein ausführlicher Gedankenaustausch über Störungen gepflogen.

Abgeschlossen wurde die Sitzung durch eine Beratung des Berichtes über die Konservierung von Dampfanlagen.

Im Comité restreint wurden organisatorische Fragen der UCPTE sowie die Vorbereitung des Jahresberichtes und des Bulletin trimestriel beraten. Außerdem wurden eingehend Inhalt und Form der Festschrift aus Anlaß des zehnjährigen Bestandes der UCPTE (Mai 1961) diskutiert. Der Jahresbericht für 1959/60 ist fertiggestellt und wird demnächst den Interessenten zugeleitet werden.

Im Comité élargi wurde eingehend die Situation der Energieversorgung erörtert. Es zeigte sich, daß in allen UCPTE-Ländern der Stromverbrauch weit über der erwarteten Zuwachsrate liegt und daß Verbrauchssteigerungen in einzelnen Monaten bis zu 19% keine Seltenheit darstellen. Der Erzeugungsindex der hydraulischen Kraftwerke war außerordentlich günstig, so daß die Speicherfüllung in allen Ländern zufriedenstellend ist. Die Kohlenvorräte sind zum Großteil noch immer überhöht, der Energieaustausch macht weiterhin erfreuliche Fortschritte. Für das 4. Quartal erwarten alle UCPTE-Länder eine Zunahme von mindestens 8 bis 10%. Die Anwendung des Ringbetriebes zeigt befriedigende Ergebnisse. Aus den Meldungen der einzelnen Delegierten ging hervor, daß in nächster Zeit mit der Inbetriebnahme großer thermischer Einheiten zu rechnen ist und daß auch der Bau von Höchstspannungs-Übertragungseinrichtungen intensiviert wird.

In der Generalversammlung wurden die Berichte der Arbeitsgruppen und jene über die Tätigkeit des Comité restreint zustimmend zur Kenntnis genommen. Ausführlich wurde die Frage der Aufnahme neuer Mitglieder diskutiert und zu verschiedenen aktuellen Fragen Stellung genommen bzw. den Arbeitskomitees Direktiven erteilt. L. B.

Die diesjährige Herbsttagung der Arbeitsgruppe für Betriebsfragen der UCPTE fand in der Zeit vom 3. bis 5. Oktober in Wien statt. Es nahmen 26 Delegierte aus den acht Staaten dieser Organisation teil. Der Sitzung der Arbeitsgruppe gingen solche des Redaktionskomitees und der Unterausschüsse für Regelfachausdrücke sowie für Terminologie der Regelung voraus. Zur Beratung standen die Entwicklung des Verhältnisses der kleinsten Nacht- zur größten Tagesbelastung, die Richtlinien für die Erstellung eines Programmmeters, der Stand der automatischen Frequenz-Leistungsregelung und das Übersichtsschema über die Spannungsverhältnisse im europäischen Trägernetz, die Dispositionen über Maßnahmen zur Verhinderung des Abweichens der Synchronzeit und ein allgemeiner Erfahrungsaustausch über Parallel- und Ringbetrieb sowie über Störungen.

Außerdem wurde das Verhalten der Isolatoren bei Schmutz und Nebel geprüft und über neueste Ergebnisse von Abschaltversuchen berichtet. Die Tagung wurde durch einen Besuch des Reaktorzentrums Seibersdorf abgeschlossen. L. B.

Der Arbeitsausschuß der Regionalgruppe Deutsche Bundesrepublik—Italien—Österreich hielt seine diesjährige Herbstsitzung am 11. Oktober 1960 im großen Sitzungssaal der Verbundgesellschaft in Wien ab.

Die 18 Vertreter der größten Elektrizitätsversorgungsunternehmen dieser drei Länder berieten vor allem über die Entwicklung von Erzeugung und Verbrauch im abgelaufenen Sommerhalbjahr und diskutierten eingehend die voraussichtliche Situation während des kommenden Winterhalbjahres.

Anschließend daran erfolgte ein sehr ausführlicher Meinungsaustausch über das Ausbauprogramm der Kraftwerke und Leitungen in den drei Staaten. Besonders intensiv wurden die Fragen der Ölkraftwerke und die Möglichkeiten

der Anpassung der Energieerzeugung an das Wochenbelastungsdiagramm in Zusammenhang mit dem intermittierenden Betrieb von Dampfkraftwerken erörtert.

Wie immer, wurden die Beratungen durch einen Erfahrungsaustausch über Betriebsfragen abgeschlossen. L. B.

Der Unterausschuß für Netzausbau und das Studienkomitee der Jugel tagten in Wien vom 10. bis 12. Oktober 1960. Zur Beratung standen die Möglichkeiten des Energieaustausches zwischen Jugoslawien einerseits, Deutsche Bundesrepublik, Italien und Österreich andererseits, für den Zeitabschnitt bis 1970. Diese Diskussionen führten zur Aufstellung eines Planes, der vor allem das jahreszeitlich verschiedene Dargebot berücksichtigt und nun den Gegenstand von Verhandlungen zwischen den interessierten Gesellschaften bilden wird. L. B.

Im Haus der Verbundgesellschaft fand am 26. Oktober 1960 die Tagung des großen Lastverteilungsbeirates für Österreich unter dem Vorsitz des Bundeslastverteilers, Generaldirektor Dipl.-Ing. HINTERMAYER, statt.

Der vorgelegte ausführliche Bericht über die Energiesituation sowie die Vorausschau für das Winterhalbjahr 1960/61 wurden zustimmend zur Kenntnis genommen.

Aus dieser Darstellung ergab sich, daß der Stromverbrauchsanstieg in der öffentlichen Versorgung mit 10,4% (bzw. ohne Pumpstrom und ohne Ranshofen mit 9,4%) in den ersten neun Monaten des Jahres 1960 über dem erwarteten Durchschnitt liegt. Nachdem aber im heurigen Jahr verhältnismäßig wenig neue Kraftwerksleistungen in Betrieb gesetzt wurden, könnten nun unter Umständen bei Ausfall von größeren Maschineneinheiten und Übertragungseinrichtungen bzw. bei lang anhaltenden Trocken- und Kälteperioden Schwierigkeiten in der Versorgung eintreten. Dies umso mehr, als auch der Zuwachs im Verbrauch in den benachbarten Ländern außerordentlich hoch ist und eventuell von diesen keine Hilfe zur kritischen Zeit erwartet werden kann.

Der große Lastverteilungsbeirat beschloß einstimmig, der Bundesregierung zu empfehlen, bei den Organen der Bundesgesetzgebung die Verlängerung der Geltungsdauer des Lastverteilungsgesetzes zu veranlassen. L. B.

Am 29. September 1960 tagten in Gmunden die Referenten der Landeslastverteiler, und ferner die Landeslastverteiler mit dem Ständigen Arbeitsausschuß des Lastverteilungsbeirates.

In der Sitzung der Referenten wurden Fragen der Betriebs- und Bestandstatistik 1959 diskutiert und Maßnahmen zur Vereinheitlichung und Übereinstimmung der Begriffe und der Statistiken besprochen. Ebenso wurde der Erhebungsbogen für die Betriebsstatistik II/60 erörtert; abschließend wurde das Problem der Anpassung von technischer und kaufmännischer Bilanz behandelt.

In der Sitzung der Landeslastverteiler und des Ständigen Arbeitsausschusses des Lastverteilungsbeirates, die in Abwesenheit des Bundeslastverteilers, Generaldirektor Dipl.-Ing. HINTERMAYER, von dem Landeslastverteiler für Oberösterreich, Generaldirektor Dipl.-Ing. FRISCH, geleitet wurde, wurden ausführlich die Energiesituation (Rückblick auf das Jahr 1960, Ausblick auf den kommenden Winter) und die Brennstoffversorgung erörtert. Auf Grund der eingehenden Diskussionen wurde vorgeschlagen, den großen Lastverteilungsbeirat für Österreich für den 26. Oktober 1960 einzuberufen, damit dieser an die Bundesregierung zwecks Verlängerung des Lastverteilungsgesetzes herantrete. L. B.

Vom 16. bis 20. September 1960 fand in Nizza ein Symposium über Versuche an hydraulischen Maschinen statt. Diese Tagung wurde von der Association Internationale de Recherches Hydrauliques veranstaltet, welche die Durchführung

einem Komitee der Société Hydrotechnique de France übertrag. Es lagen 28 verschiedene Beiträge vor, welche in drei Gruppen (normaler Betrieb mit oder ohne Kavitation; instabile Strömungsverhältnisse; verschiedene Probleme) eingereicht wurden. Jeder dieser Gruppen war ein ganzer Tag gewidmet. Der vierte Tag diente der Diskussion verschiedener Probleme, welche im Turbinenbau heute von besonderem Interesse sind.

Den Hauptanteil der Teilnehmer stellte naturgemäß Frankreich und die westliche Schweiz, verhältnismäßig zahlreich waren auch Italien, Großbritannien und Amerika vertreten. Auch die Oststaaten hatten mehrere Herren entsandt. Sehr schwach waren dagegen die deutschsprachigen Länder vertreten (Deutschland 2, übrige Schweiz 1, von Österreich nur der Berichterstatter). Dies ist um so bedauerlicher als die Beiträge und vor allem die Diskussionen zum Teil sehr interessante Versuchsergebnisse brachten. Es zeigte sich bei dieser Tagung wieder deutlich die sehr rege Forschungstätigkeit der Franzosen (Electricité de France, SOGREAH) und des National Engineering Laboratory in Großbritannien. Auch in der Schweiz und in Deutschland wird selbstverständlich auf diesem Gebiet viel Forschung (in erster Linie von den Turbinenfirmen) betrieben, begründet auf einer meist viel längeren Erfahrung als derjenigen der anderen Länder. Die in den deutschsprachigen Ländern jedoch sehr stark ausgeprägte Zurückhaltung läßt die Ergebnisse dieser Forschung der Allgemeinheit nur zu einem geringen Teil zugute kommen. Es ist daher die Initiative einiger Mitglieder des Comité Machines Hydrauliques et Equipement der AIRH sehr zu begrüßen, daß in Zukunft im Rahmen dieser Organisation zumindest die Themen bekanntgegeben werden, welche derzeit von den verschiedenen Institutionen untersucht werden, wenn es schon aus verschiedenen Gründen nicht immer möglich sein wird, die Versuchsergebnisse auszutauschen.

Dr. H. BÖHM-RAFFAY

Dem Berichte „Annual Report and Accounts“ der Dienststelle „The Electricity Council“ für 1959/60 ist zu entnehmen: Das einzige stromerzeugende Unternehmen Englands und Wales' „Central Electricity Generating Board“ erzeugte 100 556 GWh. Nach Abzug des Eigenverbrauches und der Verluste bzw. nach Hinzufügung des Fremdbezuges betrug der Verkauf 85 719 GWh beim Leistungsmaximum von 23 089 MW. Der Stromabsatz erfuhr gegenüber dem Vorjahre eine Steigerung von 9,8%. Der Stromabsatz erfolgte zur Hälfte an die Industrie (+ 12,8%) und zu einem Drittel an den Haushalt (+ 7,9%). Die Engpaßleistung erfuhr eine Steigerung von 2,13 GW auf 23,94 GW. Es steht die Inbetriebnahme von insgesamt sechs Kraftwerken bevor. Weitere 10,8 GW sollen bis 1964 in Betrieb genommen werden. Der thermische Wirkungsgrad erfuhr eine Verbesserung (von 26,10 auf 26,53%). Der Verbrauch an Kohle stieg auf 43,4 Mio t (im Vorjahr 41,7 Mio t). Auch in Großbritannien scheint die Kohlenindustrie auf die Elektrizitätsversorgung den Druck um tunlichst gesteigerte Kohlenlagerung auszuüben. Tatsächlich wurde auch mehr Kohle als erforderlich auf Lager gelegt. Erst im März 1960 lagerten bei den Kraftwerken wirtschaftlich vertretbare Mengen.

Der Verbrauch an Heizöl stieg auf 4,4 Mio t (im Vorjahr 3,1 Mio t).

Der mittlere Verkaufspreis betrug 1,506 d/kWh, er war somit kleiner als im Vorjahr (1,554 d/kWh). Der mittlere Verkaufspreis hatte sein Maximum im Geschäftsjahr 1958/59.

Ein Bericht über die Tätigkeit des „Central Electricity Generating Board“ folgt.

Das Elektrizitätsversorgungsunternehmen für Nordirland „Electricity Board for Northern Ireland“ veröffentlichte kürzlich den 28. Bericht über das Jahr 1959. Auf die Berichte der vorangegangenen Jahre wurde in der ÖZE 12/1959, H. 4, S. 265 und H. 11, S. 573 hingewiesen. Im Jahre

1959 erhöhte sich der Bezug auf 714,73 GWh, somit um 8,99%, die Eigenerzeugung verminderte sich um 0,35 GWh und betrug 1,01 GWh. Insgesamt erfuhr der Stromumsatz eine Steigerung um 8,93%. Der Bezug erfolgt mit dem Leistungsmaximum von 195,8 MW (+ 7,9%), die Eigenerzeugung erfolgte mit dem unveränderten Leistungsmaximum von 182 kW.

Die in einem vorangegangenen Bericht (s. ÖZE 12/1959, H. 4, S. 265) aufgezählten Kraftwerke erfuhren eine Erweiterung durch das Kraftwerk Colkeeragh, in dem am Ende des Berichtsjahres ein Turbosatz für 30 MW aufgestellt und in Betrieb genommen wurde. Ein zweiter gleichgroßer Satz befindet sich in Aufstellung.

Dem Jahresbericht des Elektrizitätsversorgungsunternehmens Südirlands „Electricity Supply Board Ireland“, abgeschlossen am 31. März 1960, ist zu entnehmen: Installiert sind insgesamt 688,5 MW, hiervon 219 MW in hydraulischen Werken (in der ÖZE 12/1959, H. 4, S. 265, wurden diese Werte für 1958 mit 649,5 bzw. 215 MW angegeben). Das Ausbauprogramm sieht die Errichtung des Werkes Rhode für 80 MW (die ersten zwei 20-MW-Sätze sind in Bestellung) und des ebenfalls kalorischen Werkes Bellacorric für 40 MW vor. Erzeugt wurden 2 093 562 kWh, bezogen 2 465 kWh, der Stromumsatz betrug somit 2 096 027 kWh. An das Netz wurden 1 996 550 kWh abgegeben, verkauft wurden 1 692 154 kWh (+ 9,2% gegenüber dem Vorjahr). Es wurden 62,5 km 110-kV-Freileitung und 4 150 km Leitung für die Verteilung an die Landwirtschaft errichtet.

Der mittlere Verkaufspreis fiel von 2,14 auf 2,09 d/kWh.

Mit Sitz in München ist am 19. Oktober 1960 die Mainkraftwerk Schweinfurt G. m. b. H. als Organ der Rhein-Main-Donau AG., München, gegründet worden. Die Rhein-Main-Donau AG. ist mit 75% und die Stadt Schweinfurt mit 25% an dem Stammkapital von 2 Millionen DM beteiligt. Die Gesellschaft wird das bei der Mainstaustufe zu errichtende Wasserkraftwerk (3,5 MW, 17,2 GWh) betreiben. Fertigstellung bis 1962. Die Stadt Schweinfurt wird seine Stromerzeugung übernehmen.

Der ÖNA (Österreichischer Normenausschuß, Wien I, Bauernmarkt 13) hat u. a. die folgenden ÖNORMEN veröffentlicht:

A 6447 Magnetische Feldgrößen; B 2560 Wasserwirtschaft, Wasserturbinen, Fachausdrücke und Formelzeichen; E 3700 Kupfer-Flachdrähte mit gerundeten Kanten; E 7490 Blei und Bleilegierungen für Kabelmäntel; F 1003 Brandschutzwesen, Brandklassen.

Die Internationale Atomenergie-Organisation hielt in der Wiener Stadthalle vom 5. bis 9. September 1960 eine Konferenz über kleine und mittlere Leistungsreaktoren ab. Obwohl diese Konferenz nicht als Internationale Atomkraftkonferenz betrachtet werden konnte, haben die etwa 280 Teilnehmer aus mehr als 40 Ländern 55 wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklung, den Bau und den Betrieb von Leistungsreaktoren zu hören bekommen.

Der Hauptzweck der Konferenz war also der, daß die industriell hochentwickelten Länder ihre Erfahrungen austauschten, um dadurch eine Vereinfachung und Rationalisierung im Reaktorbau zu erreichen. Dadurch sollen die Kosten für die Stromerzeugung durch Reaktoren so weit gesenkt werden, daß sie schon heute mit dem Preis für Strom aus Wasser- und Wärmekraftwerken konkurrieren können.

Das Ergebnis des Erfahrungsaustausches soll den Entwicklungsländern, die arm an Wasser, Kohle oder Erdöl sind, die Möglichkeit bieten, wirtschaftlich arbeitende Reaktoren zu erwerben und betreiben zu können. Bis Ende 1960 sollen solche Reaktortypen lieferbar sein.

A. Koci

Erdungsanlagen. Von R. PRAUSA. Österr. Radio- und Elektrowerbe, Folge 10, 1960.

Der Verfasser geht auf die Schwierigkeiten ein, welche den Errichtern elektrischer Anlagen entstehen, wenn Rohre aus isolierenden Werkstoffen sowie schlecht leitende Muffenverbindung in metallische Wasserleitungsrohrnetze eingebaut werden. Es wird erwähnt, warum die verschiedenen Erderarten nicht gleich bewertet werden können und dem Bänder der Vorzug zu geben ist. Auf die Anforderungen, die aus Sicherheitsgründen an Erdungsklemmeinrichtungen gestellt werden müssen, wird näher eingegangen.

Eine Reihe mangelhaft geführter Verbindungen von Erdern und Schutzleitern wird beschrieben und bildlich dargestellt, wobei auf den geringen Schutzwert hingewiesen wird. Eine vom Verfasser neu entwickelte Klemmvorrichtung, welche unter der Bezeichnung „Bänderder-Anschluß- und -Prüfdose“ bereits in der Praxis Eingang fand und eine dauernd einwandfreie Verbindung von Bänderdern mit Schutzleitern ermöglicht, wird näher erläutert.

F. KERKOSZEK

Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs

Beiträge des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs zu Sicherheitsfragen

Die Elektrizitätserzeugung und die uns Menschen von heute schon so selbstverständlich erscheinende Anwendung elektrischer Energie ist, wie die Statistik beweist, einer ständigen Aufwärtsbewegung unterworfen. Dies steigert — bei nicht sachgemäßer Handhabung elektrischer Einrichtungen — auch die möglichen Gefahrenquellen. In Erkenntnis dieses Umstandes sah es der Verband der Elektrizitätswerke Österreichs seit eh und je als eine seiner vornehmsten Aufgaben an, nicht nur allgemein für die immer mehr und mehr um sich greifende praktische Verwendung des elektrischen Stromes, sondern besonders für die sichere Elektrizitätsanwendung einzutreten. So hat die Vorgängerorganisation des heutigen Verbandes, die „Vereinigung österreichischer und ungarischer Elektrizitätswerke“ schon im Jahre 1909, also bereits 5 Jahre nach ihrer Gründung, eine Anleitung zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen durch Elektrizität verfaßt und herausgegeben. Diese Initiative wurde wieder ergriffen, als es in den ersten Jahren nach dem zweiten Weltkrieg notwendig erschien, den in der übrigen Welt seit 1931 gemachten Erfahrungen und neugewonnenen Erkenntnissen durch eine Neubearbeitung der Anleitung zur ersten Hilfe bei Unfällen durch Elektrizität, welche vom Hauptausschuß für Vorschriften und Normen auf dem Gebiete der Elektrotechnik am 21. Dezember 1949 genehmigt wurde, Rechnung zu tragen. Die inzwischen vergangenen elf Jahre zeigten, daß die von Prof. Fischer propagierte Alkalithérapie, deren Sinn seiner Meinung nach in der raschen, sofortigen Anwendung liegt, wobei hohe Dosen notwendig sind, um den Urin des Verunglückten möglichst rasch, d. h. für die kurze Zeit der maximalen Myoglobinfiltration durch die Niere, alkalisch zu machen, weiter im Brennpunkt der Meinungsverschiedenheiten steht. Nachdem es jedoch keinesfalls im Aufgabenbereich des Technikers und Sicherheitsingenieurs liegt, die Zweckmäßigkeit und Wirksamkeit, die Gefährlichkeit oder Unschädlichkeit medizinischer Behandlungsmethoden zu beurteilen, es aber andererseits — nicht zuletzt zum Wohle und im Interesse der EVU-Dienstnehmer — langsam an der Zeit wäre, wenn es in dieser Frage zu einer Abklärung käme, sahen wir uns veranlaßt, die österreichische Ärzteschaft auch seitens der österr. Elektrizitätswirtschaft auf dieses Problem aufmerksam zu machen. Zu diesem Zweck erachteten wir die im heurigen Frühjahr bei der VVEW erschienene Broschüre „Beiträge zur Ersten Hilfe und Behandlung von Unfällen durch elektrischen Strom“, welche einen Bericht über die im Vorjahr von der Ärztlichen Forschungsstelle für elektrische Unfälle in Säkingen (Ober- rhein) abgehaltene wissenschaftliche Tagung gibt, als geeignetes Mittel. Wir gaben unseren Mitgliedsunternehmen den Rat, dieses Büchlein nicht nur für die Fachbücherei, den Werkarzt und den Sicherheitsingenieur anzuschaffen, sondern es vielmehr auch den Krankenhäusern und Ärzten ihres Versorgungsgebietes kostenlos zur Verfügung zu stellen. Nicht zuletzt durch die tatkräftige Unterstützung der Sicher-

heitstechniker folgten die österreichischen Elektrizitätsversorgungsunternehmen dem Ruf des Verbandes in einem derartigen Ausmaß, daß allein durch diese Aktion 650 Exemplare der in der Deutschen Bundesrepublik zum Preis von DM 3,80 im Handel befindlichen Broschüre für S 19,50 in Österreich verbreitet werden konnten. Es ist nur zu hoffen, daß dieser Beitrag der EVU insofern Früchte trägt, daß er zu einer stärkeren Beachtung und Klärung der Für und Wider zur Alkalithérapie innerhalb der österreichischen Medizinerschaft beiträgt. Sollte durch das Ergebnis der im Rahmen der Ärzteschaft zu erhoffenden Diskussion auch nur das Leben eines E-Werks-Bediensteten in Österreich gerettet werden können, so war der dafür bezahlte Preis bestimmt nicht zu hoch.

Die im Verband vereinigten Elektrizitätswerke beschränken sich in ihrer Teilnahme an den Bestrebungen zur Verhütung elektrischer Unfälle aber keineswegs auf den Personenkreis ihrer Betriebsangehörigen. So hat z. B. die Kärntner Elektrizitäts-A.G. ein besonders für Kinder und Jugendliche gedachtes Merkblatt betreffend das Verhalten der Bevölkerung gegenüber elektrischen Freileitungen entworfen und geplant, dieses in den Schulen ihres Versorgungsgebietes zur Verteilung zu bringen. In der richtigen Erkenntnis, daß sich auf das ganze Bundesgebiet erstreckende Aktionen eindringlichere Wirkung haben und außerdem den kleineren und kleinsten Unternehmen die Möglichkeit bieten, sich ebenfalls in den Dienst der guten Sache zu stellen, hat die KELAG nicht nur dem Verband vorgeschlagen, dieses Jugendmerkblatt als zentrale Stelle herauszugeben, sondern dadurch, daß sie sich bereit erklärte, den Druck im eigenen Haus durchzuführen, einen so billigen Preis ermöglicht, daß der Erfolg im vorhinein garantiert erschien. Trotzdem dachte zum Zeitpunkt der Herausgabe keiner der Beteiligten, nicht einmal die Optimisten, daran, daß bis zum Schulbeginn bereits 95 000 Merkblätter bezogen sein würden. Nicht nur die bisher erreichte hohe Auflagezahl kann als erfreulicher Erfolg gewertet werden, mindestens genau so wertvoll ist die Bestätigung der Vermutung, daß die kleineren EVU mit größter Bereitwilligkeit ebenfalls ihr Scherflein zur Unfallverhütungspropaganda beizutragen die Absicht haben, wenn ihnen dazu nur die Möglichkeit geboten wird. Eine kurze Betrachtung, wie sich die gesamte Auflage auf die einzelnen EVU verteilt, zeigt, daß auf jene mit einer nutzbaren jährlichen Abgabe elektrischer Energie

von mehr als 100 Millionen kWh . . .	40 000,
von 10 bis 100 Millionen kWh	20 000,
unter 10 Millionen kWh	35 000

Exemplare entfallen. Eine Aufteilung, wie sie die Erwartung bezüglich der Mitwirkung der kleineren EVU als wirklich nicht mehr treffender bestätigen könnte.

Wie die Statistiken beweisen, wird jedoch der weitaus größere Teil der Elektrounfälle nicht durch Hoch- sondern

durch Niederspannung verursacht. Gerade deshalb, weil von der Elektrizität in Gewerbe, Haushalt, Industrie und Landwirtschaft noch bei weitem nicht der Gebrauch gemacht wird, der im Interesse der Gesundheit, Sauberkeit und Arbeitsleistung gemacht werden sollte, ist besonders darauf zu achten, daß elektrische Anlagen und Energieverbrauchsgeschäfte nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik eingerichtet und unterhalten werden. Dies wird durch ein in Österreich anerkanntes Prüfzeichen dokumentiert. Auf Empfehlung des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs sind seine Mitgliedswerke bereits vor einiger Zeit dazu übergegangen, den Anschluß von Elektrogeräten, deren Ordnungsmäßigkeit weder durch ein Prüfzeichen einer staatlich autorisierten Prüfstelle noch — wie dies bei Einzelerzeugnissen möglich erscheint — durch ein Prüffattest bestätigt wird, zu verweigern. Gleichzeitig wirkte der Verband bei dem vom Unfallverhütungsdienst der Land- und Forstwirtschaftlichen Sozialversicherungsanstalt herausgegebenen Merkblatt „Überall Elektrizität — aber unfallsicher!“, von welchem die EVU mehr als 100 000 Stück anschafften und verteilten, sowie bei der Herausgabe des vom Österreichischen Verband für Elektrotechnik aufgelegten Merkblatts „Mach's elektrisch, aber richtig!“, von welchem rund 250 000 Exemplare bezogen und kostenlos abgegeben wurden, mit. Der Umstand, daß der Anschluß aller Haushaltgeräte geringerer Leistung in den meisten Versorgungsgebieten dem zuständigen EVU nicht gemeldet werden muß, sowie die Er-

kenntnis, daß es zweckdienlich erscheint, den einzelnen Verbraucher direkt anzusprechen, veranlaßte den Verband der Elektrizitätswerke Österreichs zur Durchführung einer Konsumentenaufklärungsaktion, deren Aufgabe es ist, den Stromabnehmer immer wieder auf die Notwendigkeit bzw. Nützlichkeit der Verwendung nur geprüfter Elektrogeräte zu verweisen. Mehrere Tageszeitungen haben unsere Anregung bereits aufgegriffen und im Laufe des heurigen Jahres schon öfter Artikel publiziert, in welchen die Wichtigkeit eines Prüfzeichens aufgezeigt wurde. Einige Elektrofirmen sind bereits dazu übergegangen, in ihren Anzeigen auch das für ihr Elektrogerät erworbene Prüfzeichen bildlich darzustellen. Ein vom Verband herausgegebenes Flugblatt „Elektrogeräte? Ja! Aber zu Ihrer Sicherheit mit Prüfzeichen“, bereits unter der Bezeichnung „grünes Flugblatt“ populär geworden, erreichte eine Auflage von 1100 000 Stück. Ein erster Anfang ist somit gemacht. Weitere Flugblätter werden folgen, und zwar so lange, bis sämtliche Käufer nur mehr Elektrogeräte mit Prüfzeichen verlangen werden. So kann und wird seine „Majestät der Kunde“ ohne daß hierzu eine gesetzliche Verordnung notwendig ist, erreichen, daß jeder Hersteller von Elektrogeräten, der solche nicht nur erzeugen, sondern auch absetzen will, ohne Gesetz gezwungen wird, ein in Österreich anerkanntes Prüfzeichen zu erwerben und somit seine Geräte auf die Einhaltung der in Österreich geltenden Sicherheitsvorschriften prüfen zu lassen.

F. KERKOSZEK, Wien

Mitteilungen des Bundeslastverteilers

Die österreichische Elektrizitätsversorgung im September 1960

I. Gesamte Elektrizitätsversorgung (EVU, Industrie-Eigenanlagen, ÖBB)

Die Erzeugungsmöglichkeit der Laufkraftwerke der Elektrizitätsversorgungsunternehmen übertraf im Berichtsmonat mit 678 GWh den Wert des langjährigen Durchschnittes um rund 17%. Die gesamte hydraulische Erzeugung erreichte 1 140 GWh, um 57 GWh mehr als im Vergleichsmonat 1959. Hingegen war die Wärmekrafterzeugung von 270 GWh um 56 GWh kleiner als im September des Vorjahres. Eine Unterteilung nach verwendeten Brennstoffen zeigt, daß 96 GWh aus Erdgas, 88 GWh aus Braunkohle, 44 GWh aus Heizöl, 25 GWh aus Koks- und Gichtgas, 5 GWh aus Steinkohle und 12 GWh aus sonstigen Brennstoffen erzeugt wurden.

Die Einfuhr blieb um 16 GWh hinter dem Vergleichswert des Vorjahres zurück und erreichte nur 33 GWh. 17 GWh wurden aus Deutschland, 15 GWh aus der Schweiz und 1 GWh aus Italien importiert. Nach Abzug des Importes für den Betrieb der Speicherpumpen verbleibt eine Einfuhr von 17 GWh gegenüber 15 GWh im September 1959.

Die Ausfuhr übertraf mit 299 GWh den vorjährigen Bezugswert um 92 GWh. Es wurden 279 GWh nach Deutschland (einschließlich der Durchleitung an die Schweiz), 8 GWh nach Italien, 7 GWh nach Jugoslawien und 5 GWh nach der CSR exportiert. Nach Abzug des aus der Pumpspeicherung stammenden Exportanteiles ergibt sich eine Ausfuhr von 268 GWh (September 1959: 193 GWh).

Die hohen Verbrauchszunahmen setzten sich auch im Berichtsmonat fort:

	Verbrauch		Zunahme gegen-	
	Sept. 1959	Sept. 1960	GWh	%
GWh	GWh	GWh		
Verbrauch mit Ranshofen				
mit Pumpspeicherung	1 051	1 144	93	8,8
Verbrauch mit Ranshofen				
ohne Pumpspeicherung	1 012	1 095	83	8,2
Verbrauch ohne Ranshofen				
mit Pumpspeicherung	954	1 046	92	9,6
Verbrauch ohne Ranshofen				
ohne Pumpspeicherung	915	997	82	9,0

Der gesamte Mehrverbrauch von 93 GWh wurde durch Mehraufbringungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen (92 GWh) und der Österreichischen Bundesbahnen (1 GWh) gedeckt. Die Erzeugung der Industrie-Eigenanlagen war gleich groß wie im September 1959. Wird jedoch die im Auftrag des Hauptlastverteilers der Verbundgesellschaft durchgeführte Erzeugung im Kraftwerk der Hütte Linz aus der Erzeugung der Industrie-Eigenanlagen ausgeschieden, zeigt sich, daß die übrigen Eigenanlagen um 30 GWh mehr erzeugt haben als im Vergleichsmonat des Vorjahres.

Am 30. September war der Wasservorrat in den Jahresspeichern einem Arbeitsvermögen von 982 GWh äquivalent. Zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres hatte der Vorrat 896 GWh betragen.

Die Summenlinie der Belastungsabläufe im Bereich der Elektrizitätsversorgungsunternehmen und der Industrie-Eigenanlagen ergibt für den dritten Mittwoch des Berichtsmonates einen Höchstwert von 1 869 MW (ohne Pumpstromaufwand).

Die vorläufigen Werte der Erzeugung, des Importes, Exportes und des Verbrauches in den ersten neun Monaten des laufenden und des vergangenen Jahres vermittelt nachstehende Tabelle:

		Angaben in GWh		Steigerung in %
		Januar—Sept. 1959	1960	
Erzeugung der EVU	Wasserkraft	7 860	7 892	0,4
	Wärmekraft	1 323	1 823	37,8
	Summe	9 183	9 715	5,8
Erzeugung der Industrie-Eigenanlagen	Wasserkraft	753	779	3,5
	Wärmekraft ¹⁾	877	1 048	19,5
	Summe	1 630	1 827	12,1
Erzeugung der ÖBB	Wasserkraft	405	380	— 6,2
	Wärmekraft	9 018	9 051	0,4
Gesamterzeugung	Wärmekraft	2 200	2 871	30,5
	Summe	11 218	11 922	6,3

Januar—Sept. Steigerung
1959 1960 in %

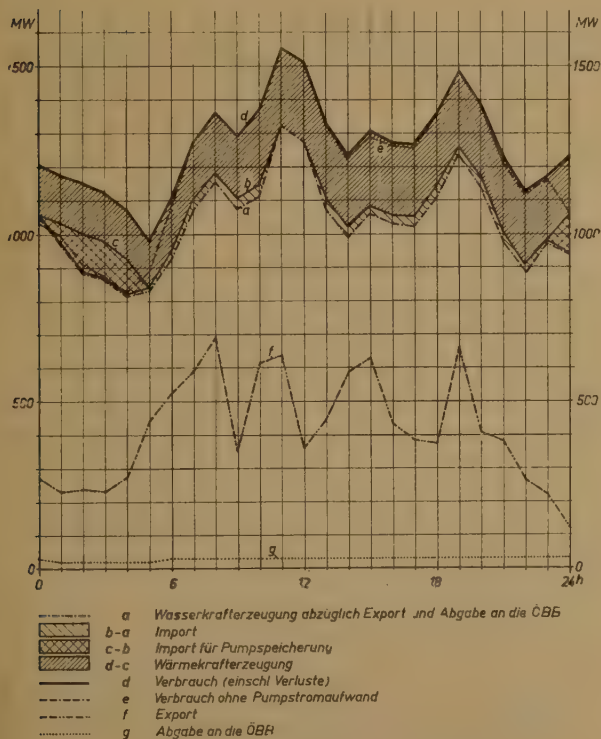
Import	238	244	2,5
Import für Pumpspeicherung	80	225	181,3
Export	2 062	1 854	−10,1
Export aus Pumpspeicherung	104	217	108,7
Verbrauch (einschl. Verluste)			
mit Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	9 370	10 320	10,1
ohne Pumpstromaufwand	8 898	9 690	8,9
ohne Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	8 492	9 430	11,0
ohne Pumpstromaufwand	8 020	8 800	9,7

1) Einschließlich Erzeugung des Kraftwerkes der Hütte Linz für die öffentliche Elektrizitätsversorgung 1959: 34 GWh
1960: 61 GWh

Richtigstellungen für 1960 vorbehalten!

Tagesdiagramm

der beanspruchten Leistung in Österreich
Mittwoch, den 21. IX. 1960
Öffentliche Elektrizitätsversorgung



Stromerzeugung am 21. IX. 1960

Wasserkrafterzeugung (abzüglich Export und Abgabe an die ÖBB)	25,50 GWh
Import	0,90 "
Wärmekrafterzeugung	4,71 "
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	31,11 GWh
Export	11,36 GWh
Abgabe an die ÖBB	0,67 "
Gesamterzeugung und Import	43,14 GWh

II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung (EVU einschließlich Industrie-Einspeisung)

Im Bereich der öffentlichen Elektrizitätsversorgung betrug die Wasserkrafterzeugung 1 003 GWh (September 1959: 767 GWh) und die Wärmekrafterzeugung 158 GWh (217 GWh).

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen führten 33 GWh ein und 289 GWh aus. Außerdem wurden an die Österreichischen Bundesbahnen 21 GWh über Umformer abgegeben.

Auf den Lagerplätzen der Dampfkraftwerke waren am 30. September 599 270 t Kohle (SKB) und 43 223 t Heizöl gegenüber 580 596 t Kohle (SKB) und 41 911 t Heizöl zum gleichen Zeitpunkt des Vorjahres vorrätig.

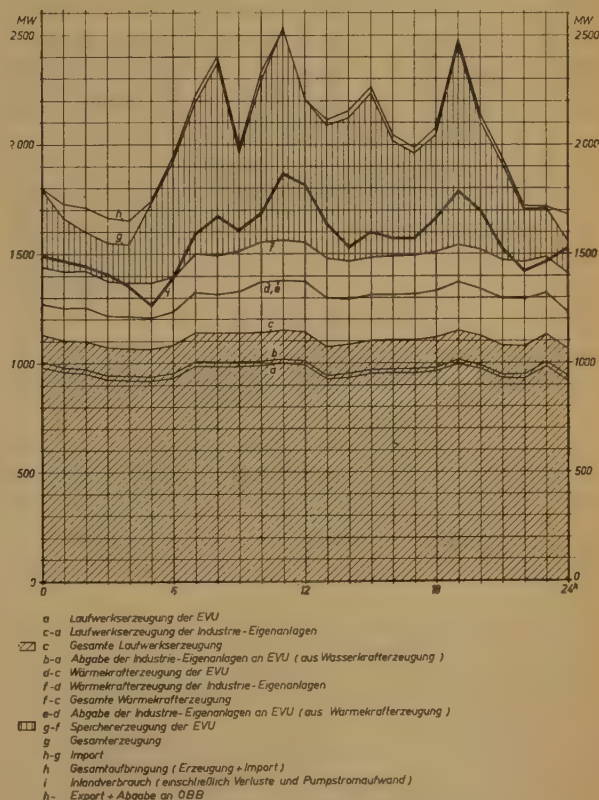
Im Bereich der öffentlichen Elektrizitätsversorgung sind folgende Verbrauchszunahmen aufgetreten:

Tagesdiagramm

der beanspruchten Leistung in Österreich

Mittwoch, den 21. IX. 1960

Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Industrie-Eigenanlagen



Stromerzeugung am 21. IX. 1960

Laufwerkserzeugung der EVU	23,06 GWh
Laufwerkserzeugung der Industrie-Eigenanlagen	3,58 "
Wärmekrafterzeugung der EVU	4,66 "
Wärmekrafterzeugung der Industrie-Eigenanlagen	4,17 "
Speicherwerkserzeugung der EVU	14,00 "
Gesamterzeugung	49,47 GWh
Import	0,90 GWh
Export und Abgabe an die ÖBB	12,03 "
Verbrauch (einschl. Verluste und Pumpstromaufwand)	38,34 GWh

I. Gesamte Elektrizitätsversorgung in Österreich *

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU), Industrie-Eigenanlagen, Kraftwerke der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB)
Angaben in GWh

Monat	Erzeugung								Import	Erzeugung und Import	Export	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste		
	EVU		Industrie- Eigenanlagen		ÖBB Wasser- kraft	Summe						Ins- gesamt	Ins- gesamt	ohne Pump- strom
	Wasser- kraft	Wärme- kraft	Wasser- kraft	Wärme- kraft		Wasser- kraft	Wärme- kraft							
1	2	3	4	5	6	7 = 2 + 4 + 6	8 = 3 + 5	9 = 7 + 8	10	11 = 9 + 10	12	13	13a	
1959														
Januar	667	256	69	122	32	768	378	1146	44	1190	109	1081	1058	
Februar ...	575	286	53	105	33	661	391	1052	34	1086	100	986	969	
März	627	229	72	102	41	740	331	1071	34	1105	99	1006	982	
April	824	162	84	95	41	949	257	1206	39	1245	248	997	978	
Mai	1016	51	99	72	48	1163	123	1286	23	1309	304	1005	939	
Juni	1080	56	100	82	55	1235	138	1373	34	1407	318	1089	974	
Juli	1196	49	103	72	59	1358	121	1479	33	1512	424	1088	994	
August	1105	52	97	83	59	1261	135	1396	28	1424	357	1067	992	
September .	770	182	76	144	37	883	326	1209	49	1258	207	1051	1012	
Jan. bis Sept.	7860	1323	753	877	405	9018	2200	11218	318	11536	2166	9370	8898	
1960														
Januar	512	417	55	179	28	595	596	1191	92	1283	72	1211	1157	
Februar ...	515	405	52	129	27	594	534	1128	91	1219	82	1137	1094	
März	761	252	76	112	33	870	364	1234	65	1299	133	1166	1116	
April	828	206	86	98	29	943	304	1247	43	1290	216	1074	1036	
Mai	1009	138	99	117	48	1156	255	1411	47	1458	297	1161	1057	
Juni	1074	77	100	93	54	1228	170	1398	31	1429	305	1124	1012	
Juli	1071	90	102	103	56	1229	193	1422	47	1469	296	1173	1056	
August	1135	85	106	100	55	1296	185	1481	20	1501	371	1130	1067	
September .	987	153	103	117	50	1140	270	1410	33	1443	299	1144	1095	
Jan. bis Sept.	7892	1823	779	1048	380	9051	2871	11922	469	12391	2071	10320	9690	

II. Öffentliche Elektrizitätsversorgung in Österreich *

Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) einschl. Industrie-Einspeisung
Angaben in GWh

Monat	Erzeugung							Import	Erzeugung und Import	Export	Abgabe an ÖBB	Inlandsverbr. einschl. sämtl. Verluste	
	EVU		Industrie-Einspeisung		Summe							Insgesamt	ohne Pumpstrom
	Wasserkraft	Wärme- kraft	Wasserkraft	Wärme- kraft	Wasserkraft	Wärme- kraft	Insgesamt						
1	2	3	4	5	6 = 2 + 4	7 = 3 + 5	8 = 6 + 7	9	10 = 8 + 9	11	12	13	13a
1959													
Januar	667	256	6	8	673	264	937	41	978	109	16	853	830
Februar ...	575	286	4	3	579	289	868	34	902	101	14	787	770
März	627	229	8	2	635	231	866	29	895	99	7	789	765
April	824	162	9	1	833	163	996	39	1035	248	8	779	760
Mai	1016	51	13	1	1029	52	1081	23	1104	295	9	800	734
Juni	1080	56	13	1	1093	57	1150	34	1184	303	16	865	750
Juli	1196	49	14	1	1210	50	1260	33	1293	406	17	870	776
August	1105	52	12	1	1117	53	1170	28	1198	339	16	843	768
September .	770	182	6	35	776	217	993	47	1040	207	17	816	777
Jan. bis Sept.	7860	1323	85	53	7945	1376	9321	308	9629	2107	120	7402	6930
1960													
Januar	512	417	6	44	518	461	979	81	1060	72	22	966	912
Februar ...	515	405	5	3	520	408	928	82	1010	82	21	907	864
März	761	252	7	2	768	254	1022	58	1080	133	22	925	875
April	828	206	9	2	837	208	1045	36	1081	216	21	844	806
Mai	1009	138	15	14	1024	152	1176	47	1223	285	21	917	813
Juni	1074	77	17	2	1091	79	1170	31	1201	288	20	893	781
Juli	1071	90	17	6	1088	96	1184	47	1231	280	22	929	812
August	1135	85	20	1	1155	86	1241	20	1261	357	22	882	819
September .	987	153	16	5	1003	158	1161	33	1194	289	21	884	835
Jan. bis Sept.	7892	1823	112	83	8004	1902	9906	435	10341	2002	192	8147	7517

* Richtigstellungen für 1960 vorbehalten.

	Verbrauch Zunahme gegenüber			
	Sept. 1959	Sept. 1960	Sept. 1959	
	GWh	GWh	GWh	%
Verbrauch mit Ranshofen mit Pumpspeicherung	816	884	68	8,3
Verbrauch mit Ranshofen ohne Pumpspeicherung	777	835	58	7,5
Verbrauch ohne Ranshofen mit Pumpspeicherung	719	786	67	9,3
Verbrauch ohne Ranshofen ohne Pumpspeicherung	680	737	57	8,4

Im Verbundnetzgebiet (Österreich ohne Vorarlberg) war im Berichtsmonat ein arbeitstäglicher Stromverbrauch (ohne Pumpstromaufwand und ohne Stromverbrauch des Aluminiumwerkes Ranshofen) von 24,8 GWh zu verzeichnen, gegenüber 22,9 GWh im September 1959 (Zunahme 8,3%).

Das Maximum des Belastungsablaufes betrug am dritten Mittwoch des Berichtsmonates 1552 MW (ohne Pumpstromaufwand), um 8,5% mehr als am Vergleichstag des Vorjahres. Wird die Leistungsabnahme des Aluminiumwerkes Ranshofen ausgeschieden, ergibt sich, daß die beanspruchte Inlandsleistung um 9,3% größer war.

Die Ergebnisse der ersten neun Monate des laufenden und des vergangenen Jahres sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

	Angaben in GWh		
	Jänner–September 1959	Steigerung 1960	Steigerung in %
Erzeugung Wasserkraft	7 945	8 004	0,7
Erzeugung Wärmekraft	1 376	1 902	38,2
Summe Erzeugung	9 321	9 906	6,3
Import	228	210	– 7,9
Import für Pumpspeicherung	80	225	181,3
Erzeugung und Import	9 629	10 341	7,4
Export	2 003	1 785	– 10,9
Export aus Pumpspeicherung	104	217	108,7
Gesamte Inlandabgabe	7 522	8 339	10,9
Abgabe an ÖBB	120	192	60,0

Verbrauch (einschl. Verluste)			
mit Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	7 402	8 147	10,1
ohne Pumpstromaufwand	6 930	7 517	8,5
ohne Ranshofen			
mit Pumpstromaufwand	6 524	7 257	11,2
ohne Pumpstromaufwand	6 052	6 627	9,5

Richtigstellungen für 1960 vorbehalten!

Buchbesprechungen

Semiconductors. (Halbleiter.) Von R. A. SMITH. Mit 137 Abb., XVII, 494 S. Cambridge: At the University Press. 1959. £ -/65/-.

Auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften werden Halbleiter in der Elektroindustrie in immer steigendem Maße verwendet: bei Gleichrichtern, Transistoren, Photozellen, Infrarotgeräten, Thermosäulen, nichtlinearen Widerständen usw. Das sich mit diesen Stoffen beschäftigende, gegenständliche Buch, aufgebaut auf Vorlesungen des Verfassers an der Universität von Edinburgh, wendet sich nun nicht nur an Physiker, sondern auch an die auf diesem Sektor tätigen Elektroingenieure; es behandelt einerseits mit außerordentlicher Gründlichkeit die physikalischen Grundlagen und Zusammenhänge und zeigt andererseits auch Anwendungsmöglichkeiten auf. In zwölf, sehr übersichtlich gestalteten Hauptkapiteln werden die Halbleiter wie folgt dargestellt: wichtigste Eigenheiten; thermische, optische sowie Hochfrequenz-Effekte; Methoden zur Bestimmung der Eigenschaften; einfache und zusammengesetzte Halbleiter usw. Mit den Abschnitten über das Energieniveau in kristallinen Körpern, Unreinheiten und Mängel in Kristallen usw. sowie Ausführungen über Anwendungen wird ein umfassendes Gesamtbild über dieses Fachgebiet gegeben. Zahlreiche Literaturhinweise im Text, ein Verzeichnis wichtiger Veröffentlichungen und ein Sachregister helfen beim Studium. Ein Buch, das hohen Ansprüchen gerecht wird, bestens zu empfehlen.

L. BAUER, Wien

Lehrbuch der Hochspannungstechnik. Von G. LESCH. Herausgegeben nach dem Tode des Verfassers von E. BAUMANN. Mit 542 Abb., XII, 444 S. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer-Verlag. 1959. Geb. DM 39,60.

Der verstorbene Verfasser des Buches lehrte als Professor an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe unter anderem über die Themen „Hochspannungstechnik“ und „Elektrische Isolierstoffe“. Das vorliegende Buch baut deshalb auf den seinerzeit gehaltenen Vorlesungen auf. Es ergab sich dabei ein gut fundierter und klar dargestellter Querschnitt durch den theoretischen Teil der Hochspannungstechnik. Dies ist

wertvoll, weil manche Gebiete der Theorie hier etwas ausführlicher behandelt werden als in ähnlichen Büchern, die sich mit den gleichen Themen befassen. Der Aufbau und die Darstellungsweise entsprechen durchaus dem Buchtitel, nach welchem es sich um ein „Lehrbuch“ handelt. Eine erwünschte Ergänzung stellen verschiedene Beispiele aus der Praxis dar, die, zusammen mit einer ausgezeichneten Bebilderung, für das Verständnis sicherlich beitragen. Es muß hier allerdings darauf hingewiesen werden, daß bei zwei Abbildungen offensichtlich Fehler unterlaufen sind, u. zw. bei Abb. 11.28, die tatsächlich einen Einphasen-Transformator zu einer Drehstrombank 400/231/30 kV, 660 MVA, darstellt, und bei Abb. 11.51, die wohl richtig beschriftet ist, der Texthinweis jedoch fälschlich von Reihenkondensatoren spricht. Es handelt sich tatsächlich aber um Phasenschieberkondensatoren.

Der Bestimmung des Buches entsprechend, ist das Kapitel „Grundlagen“ besonders ausführlich behandelt, wobei in den Anwendungsbeispielen der modernste Stand der Technik berücksichtigt ist, wie z. B. Bündelleiter, Potentialsteuerung bei Leistungsschaltern mit Vielfachunterbrechung, Stoßspannungsmessung usw. Als besonders begrüßenswert ist auch das Kapitel „Hochspannungserzeugung, insbesondere im Laboratorium und im Prüffeld“ zu nennen, das für den Studierenden wertvoll sein dürfte.

Der Abschnitt „Dielektrische Festigkeit“ befaßt sich recht eingehend mit den verschiedenen Entladungsvorgängen, von welchen in klarem Aufbau zu den Leistungsschaltern und zu den atmosphärischen Erscheinungen übergeleitet wird. Von den Grundlagen der festen und flüssigen Isolierstoffe wird der Leser zu modernen Transformator- und sonstigen Konstruktionen geführt. Es würde sich vielleicht bei einer weiteren Auflage des Buches empfehlen, dieses Kapitel über die verschiedenen Konstruktionen noch etwas reichhaltiger zu gestalten.

Der letzte Abschnitt „Netzvorgänge und Spannungsbeanspruchung“ bringt in relativ knapper Darstellung die hier üblichen Gebiete, wie verschiedene Schwingungsvorgänge mit besonderer Behandlung der Einschwingfrequenzen, ferner das Wanderwellenverhalten, Überspannungsableiter, Spannungsbeanspruchungen an Wicklungen, die Schal-

tung kapazitiver und induktiver Ströme und vieles andere mehr. Erwähnt muß auch die Behandlung der im Betrieb auftretenden Beanspruchungen werden, die wertvolle Angaben der Statistik enthält.

Das Buch kann besonders dem Studierenden empfohlen werden; es stellt jedoch auch für den Praktiker eine gute Ergänzung ähnlicher Werke dar, die sich weniger mit der Theorie befassen.

K. MORAW, Wien

Die Handels- und Gewerbefreiheit in der Energiewirtschaft.

Unter besonderer Berücksichtigung der Atomenergie. Von K. SCHNYDER, XXIII, 199 S. Winterthur: Verlag P. G. Keller. 1958.

Die Arbeit ist eine kritische Auseinandersetzung mit den geltenden Ordnungen, wie sie sich im Laufe geschichtlicher Epochen nach der politischen Verfassung in der Schweiz, in Deutschland, Frankreich, England und Amerika mit allfälliger Beschränkung der Handels- und Gewerbefreiheit in der Energiewirtschaft entwickelt haben.

Die Materie wird in vielen Kapiteln behandelt. Sie alle durchzieht gleichsam wie ein roter Faden die kritische Untersuchung der Handels- und Gewerbefreiheit in der Energiewirtschaft.

Es wird ein anschauliches Bild von den verschiedenfarbigen Problemen im philosophischen, fiskalischen und auch im polizeilichen Sinne zur Wahrung der öffentlichen Sicherheit, Ordnung, Sittlichkeit und Gesundheit gegeben. Sodann werden sie aus der Perspektive des Liberalismus beleuchtet und vom Standpunkt der klassischen Nationalökonomie untersucht.

Zusammenfassend wird am Ende jeden Abschnittes sowohl subsidiär als auch substituierend der Begriff der Freiheit und die Gegebenheiten wirtschaftspolitischer Eingriffe behandelt.

Der beschränkte Raum, welcher für eine Buchbesprechung zur Verfügung steht, erlaubt es leider nicht, mehr als andeutungsweise auf den umfangreichen Inhalt des Buches einzugehen.

Der Verfasser ist Schweizer und, von der Sicht seines Landes her gesehen, findet er in seiner Arbeit geradezu bewundernswerte Definitionen über den Wandel in den Anschauungen verschiedener Wirtschaftssysteme, welche einerseits die Begriffe über die Handels- und Gewerbefreiheit im allgemeinen überholt und andererseits zur Entstehung neuer Wirtschaftsauffassungen, wie dem Kollektiv, geführt haben. So sagt er gleich einleitend, die Freiheit des Liberalismus sei nicht Selbstzweck, seine Sorge gelte nicht primär der Freiheit, sondern dem Menschen, u. zw. dem einzelnen Menschen. In diesem Sinne dient die Freiheit dem Individuum zur Wahrung einer Eigenständigkeit gegenüber dem Kollektiv. Andererseits ist der Einzelne auch ein Glied der Gesamtheit, deshalb muß seine Freiheit in der Verantwortung gegenüber der Gemeinschaft gesehen werden, was sich zwangsläufig als Beschränkung der individuellen Freiheit auswirkt. Und weiter sagt der Verfasser, wo er sich den Verhältnissen seines Vaterlandes zuwendet, daß die Handels- und Gewerbefreiheit bei ihrer Einführung in der Schweiz nicht bloß als Persönlichkeitsrecht auf Entfaltung der individuellen Kraft aufgefaßt wurde, sondern ihr von Anfang eine wichtige individuelle Bedeutung zukam, nämlich die freie Konkurrenz zu ermöglichen.

Dr. Schnyder ist der Meinung, daß hier der Begriff der Handels- und Gewerbefreiheit ausgesprochen schweizerisch ist, kein anderer Staat statuiert und stützt die Erwerbsfreiheit in seiner Verfassung so weitgehend wie die Schweiz, doch sei es auch dort so, daß zur Erreichung des höchsten Ausmaßes an Gesamtwohl die Energiewirtschaft, soweit sie hydraulisch erzeugte elektrische Energie anbetrifft, es zu verfassungsmäßigen Beschränkungen in der Ausfuhr derselben gekommen ist, die sich auch im Falle von Knappheit auf kalorisch erzeugte Energie bezieht.

Bezüglich der kohlenwirtschaftlichen Probleme werden

die Verhältnisse in Deutschland, Frankreich und Großbritannien herangezogen, wo nach dem ursprünglichen Gedankengut des Liberalismus die Wirtschaftsordnung anfänglich rein privatwirtschaftlich, d. h. frei von Beschränkung war. Während in Deutschland der preußische Staat kraft Hoheitsrecht ein allgemeines Aufsichts- und Kontrollrecht (Bergregal) schuf und Frankreich nach napoleonischem Gesetz vom Jahre 1810 im Allgemeininteresse positiv zum Bergbau Stellung bezog und ihn begünstigte, kümmernte sich der britische Staat überhaupt nicht um die Kohlenförderung, womit der englische Kohlenbergbau in zunehmendem Maße gegenüber der kontinentalen Kohlenindustrie in eine volkswirtschaftlich unhaltbare Situation geriet, die zur Verstaatlichung führen mußte. Sie ist nach dem zweiten Weltkrieg für den Kohlenbergbau, aber auch, u. zw. mit weniger Berechtigung für die britische Elektrizitätswirtschaft, aus doktrinen Gründen erfolgt.

Interessant ist, aus dem Buche zu erfahren, wie es in der französischen Energiewirtschaft zum Staatskapitalismus, besser zum Staatssozialismus, kam. Die Energiewirtschaft befand sich hier in keiner Notlage, der Verstaatlichungsgedanke wurde erst in der Epoche der Besetzung Frankreichs durch die Deutschen zu Ende des zweiten Weltkrieges bei der damaligen französischen Exilregierung geboren. General de Gaulle hatte diesen Weg mit der ihm eigenen Vehemenz betreten. Die Rechtfertigung hiezu beruhte aber nicht auf eingehenden Untersuchungen, wie dies in Großbritannien bei der Kohlenwirtschaft der Fall war, sondern den Ausschlag dazu gab der geradezu sagenhafte Einfluß von Schlagworten, wie: „Réformes de structure“. De Gaulle wird die ehrliche Überzeugung von der Richtigkeit der Verstaatlichung als einzige Möglichkeit zum Neuaufbau der französischen Nation zugebilligt, zumal er jene wirtschaftlichen Kreise treffen und ausschalten wollte, die während der Besatzungszeit mit den Deutschen zusammengearbeitet hatten. Es wird erzählt, daß die kommunistische Partei, welche die Verstaatlichung als Zwischenziel auf ihrem Wege betrachtete, mit sehr geschickter Mundpropaganda zur Verwirklichung der Verstaatlichung mithalf.

Der Verfasser beruft sich hier auf Urteile von französischen Persönlichkeiten, die besagen: „diese Verwirklichung der Politik“ konnte durch die Verstaatlichung zweifelsohne ausgeschaltet werden, doch wurde sie durch die ebenso schädliche „Verpolitisierung der Wirtschaft“ mit allen ihren Konsequenzen abgelöst. An Hand der Resultate, heißt es, darf man annehmen, daß die Entwicklung sicher nicht günstiger verlaufen ist, als wenn das Privateigentum erhalten worden wäre. Die verwirklichten Fortschritte seien nicht auf die Verstaatlichung in der Energiewirtschaft zurückzuführen, sondern im Zuge der allgemeinen Entwicklung gelegen.

Mit wesentlicher Differenzierung gegenüber den westeuropäischen Verhältnissen wird die energiewirtschaftliche Politik der Vereinigten Staaten von Amerika durch den Verfasser behandelt. In dem Bestreben, das vielfach erst spärlich genutzte Land einer intensiveren Bewirtschaftung zuzuführen, gab es für die amerikanischen Staaten lange Zeit keinen Anlaß, der energiewirtschaftlichen Erschließung irgendwelche staatliche Hemmnisse in den Weg zu legen. Gewisse Lösungen wurden vom Staate erst mit dem Aufkommen der Ölindustrie, die eng mit dem Namen Rockefeller verknüpft ist, angestrebt. Es entstand gegen die große private amerikanische Machtentfaltung die Antitrust-Konzeption, doch während und nach dem ersten Weltkrieg verbreitete sich die Furcht vor Ölknappheit. Mit Hilfe von Produktionsbeschränkungen sollte der kritische Zeitpunkt hinausgeschoben werden. Da auf Grund der amerikanischen Verfassung keine Möglichkeit bestand, ein entsprechendes Bundesgesetz hierfür zu erlassen, wurden deshalb die interessierten Staaten aufgefordert, auf freiwilliger Basis einem Beschränkungsstatus zuzustimmen. Der anfängliche Widerstand der amerikanischen Ölindustrie gegen diese gedachten Beschränkungsabsichten verwandelte sich aber plötzlich ins Gegen-

teil, als die reichen Ölfunde von 1926 in Oklahoma den Markt überschwemmten. Nicht mehr der langfristige Ölmangel, sondern die drohende Gefahr kurzfristiger privatwirtschaftlicher Verluste infolge Überproduktion riefen allseits nach Beschränkungsmaßnahmen in der Ölförderung. Damit erhielt die Stimmung zur Selbstregulierung wieder starken Auftrieb.

Zu den wirtschaftspolitischen Eingriffen und ihren Formen werden einige Empfehlungen über zu beachtende Grundsätze bei den anzusetzenden Mitteln gegeben.

Der dritte und letzte Teil des 200 Seiten starken Buches, das ein sehr reichlich ausgestattetes Verzeichnis über die benutzte Literatur enthält, wird ausschließlich der Atomwirtschaft im gegenwärtigen und künftigen Blickfeld gewidmet. Der Euratom-Vertrag, womit die ursprünglich liberale Konzeption für die Verwendung von Kernbrennstoffen fallen gelassen wurde, wird als neue geltende Ordnung gegen die materielle Handels- und Gewerbefreiheit bezeichnet.

Abschließend kommt der Verfasser bei der Entwicklung und Betrachtung des Gesamtbildes über die heutige Ordnung in der Energiewirtschaft zur Ansicht, daß die immer stärkere Betonung des übergeordneten gesamtheitlichen Interesses, worin sich der Einfluß von staatseigener Tätigkeit einzuordnen habe, eine Koordinierung der verschiedensten Überlegungen erfordert habe. Die Orientierung sei hierbei nicht mehr ausschließlich nach rein energiewirtschaftlichen Zielen und Maßstäben erfolgt. Die Erwerbsfreiheit und damit die Handels- und Gewerbefreiheit sei in Großbritannien und in Frankreich am Ende des zweiten Weltkrieges in der Energiewirtschaft verloren gegangen; in Deutschland hätte man sich, soweit es die Stromerzeugung anbetrifft, auf freiwilliger Basis zusammengefunden. In der Kohlenwirtschaft habe dort bekanntlich der supranationale Pool der Montanunion nicht unwesentliche Beschränkungen herbeigeführt.

Von den Verhältnissen in Österreich wird in dem Buch nicht gesprochen, was man als Österreicher bedauern muß, zumal wir als Wasserkraft-Großmacht in der europäischen Energiewirtschaft einen gewissen Rang einnehmen.

E. DICTL, Wels

Energiewirtschaftsrecht. Energiewirtschaftsgesetz mit den Durchführungsbestimmungen, Nebengesetzen, Verordnungen und Erlässen. Erläutert von E. EISER, bearbeitet von J. RIEDERER. 2. Ergänzungslieferung zur 2. Auflage, Stand 1. Juli 1958. München und Berlin: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1960.

Auch die 2. Ergänzungslieferung bleibt im bisherigen bewährten Rahmen (s. ÖZE 1954, H. 9, S. 368). Einzelne Teile wurden neu bearbeitet, weil sich die Gesetzeslage änderte. Neu in das Werk aufgenommen wurden die Vorschriften über das Kartellgesetz. Wir können das Werk nach wie vor allen österreichischen Juristen und Ingenieuren, welche sich mit Rechts- und Verwaltungsfragen befassen müssen, empfehlen.

A. MARSCHALEK

Karte des Orientteppichgebietes mit über 100 Teppichorten und mit instruktiver Einführung in die Orientteppich-Kunde. Verlag „77“ (M. Mayrhofer), Linz-Urfahr. S 27,—.

Der Hinweis auf dieses Buch findet seine Begründung darin, daß sein Verfasser ein Mitarbeiter der österreichischen Elektrizitätswirtschaft ist. Die ÖZE hatte Gelegenheit, anlässlich des 60. Geburtstages des Pressereferenten der OKA, JOSEF GÜNTHER LETTENMAIR, auf seine erfolgreiche schriftstellerische Tätigkeit hinzuweisen (s. ÖZE 12/1959, H. 3, S. 228), die durch das angekündigte Buch eine ebenso originelle als auch wertvolle Bereicherung erfuhr.

DIE SCHRIFTFÜHRUNG

Einführung in die Physik der Leiterwerkstoffe. Von K. M. KOCH und R. REINBACH. Mit einem Geleitwort von W. KÖSTER. (Einführung in die Physik der elektrotechnischen Werkstoffe, Teil II/1). Mit 144 Abbildungen im Text und 29 Tabellen und 5 Abbildungen, 2 auf Tafeln. 255 Seiten. Wien: Verlag von Franz Deuticke. 1960. S 222,—.

Die Buchreihe „Einführung in die Physik der elektrotechnischen Werkstoffe“ trägt in dankenswerter Weise dem Umstande Rechnung, daß der Elektro-Ingenieur heute auf dem Gebiete der Werkstoffe (und nicht nur auf diesem) unbedingt auch ein physikalisch fundiertes Wissen benötigt; eines der Zeichen dafür, daß — wie die Autoren im Vorwort sagen — „in der modernen Elektrotechnik die Grenzen zwischen dem Ingenieur und dem Physiker immer mehr verschwimmen“.

Auch der vorliegende, den Leiterwerkstoffen gewidmete Band, wendet sich, mit der Absicht zwischen Theorie und Praxis zu vermitteln, sowohl an den Elektro-Ingenieur als auch an den jungen Physiker. Die Hauptschwierigkeit bei der Abfassung eines solchen Werkes, auf die die Autoren im Vorwort auch ausdrücklich hinweisen, beruht auf der Enge des gegebenen Rahmens. Das Beste wäre offenbar, zunächst den Leser einem gründlichen Kursus in theoretischer Physik zu unterziehen und sodann auf diesem Fundament die Ausführungen bis zu ihren praktischen Auswirkungen aufzubauen. Da dies im gegebenen Rahmen natürlich ausgeschlossen ist, ist es Sache der didaktischen Kunst, zu geben, was zu geben möglich ist. Man muß den Autoren zubilligen, daß sie es sich nicht leicht gemacht haben. Die Darstellung des umfangreichen und vielfältigen Stoffes ist im allgemeinen leicht verständlich. Nur das letzte Kapitel stellt höhere Anforderungen, und es erhebt sich hier die Frage, ob es nicht besser ganz wegzulassen wäre. Die wellenmechanische Elektronentheorie auf verhältnismäßig wenigen Seiten zu bringen, bedeutet ungefähr Faust zweiter Teil als Kurzgeschichte. Und wer in dieses Kapitel der theoretischen Physik wirklich eindringen will, ist durchaus genötigt, die spezielle Literatur heranzuziehen.

Die ersten vier Kapitel tragen der physikalischen Fundierung Rechnung: Ionenleitung—Elektronenleitung; die Leiteigenschaften der Metalle und der Legierungen; die thermo-elektrischen Erscheinungen in metallischen Leitern; der Einfluß eines Magnetfeldes auf den Leitungsmechanismus. Das fünfte Kapitel behandelt die Leiterwerkstoffe in der Praxis des Elektrotechnikers. Schließlich folgt nochmals das physikalische Kapitel über den Leitungsmechanismus, auf einer höheren theoretischen Ebene.

An Einzelheiten sei nur bemerkt, daß bei der Besprechung der Normalwiderstände (S. 165) auch die Definition des Ohm aus den Grundeinheiten des Giorgischen Maßsystems anzugeben wäre.

Das Buch ist jedem, der mit Leiterwerkstoffen zu tun hat, und auf diesem Gebiet weitergehende physikalische Erkenntnisse sucht, sehr zu empfehlen.

L. KNEISSLER, Wien

Berichtigung

Zum Bericht über die Verbandstätigkeit im Geschäftsjahr 1959 (s. ÖZE Nr. 7/1960, Juli 1960)

Zu S. 492: Die Beschriftung der Abb. 5 soll richtig lauten: „Anteil der verschiedenen EVU-Gruppen an der unmittelbaren Stromabgabe an Verbraucher im Inland von 1955 bis 1958“.

Zu S. 491, 492 und 494: Die unterste Tabelle auf S. 491 sowie die Abbildungen 4 und 6 beziehen sich ausschließlich auf die Stromerzeugung bzw. die installierte Engpaßleistung der EVU-Kraftwerke. In der Beschriftung der Abb. 4 lauten die Jahreszahlen richtig: „1952 bis 1958“.

Automatische Spannungsregelung in Hochspannungsnetzen

Von K. P. WEBER^{*)}

Mit 5 Textabbildungen

Für das automatische Regeln der Hochspannung werden Regeltransformatoren und Spannungsregler mit integrierender Ansprechverzögerung (I-Verhalten) und konstanter Ansprechverzögerung (P-Verhalten) verwendet. Erfahrungen für den zweckmäßigen Einsatz dieser oder jener Regler-Bauform werden erwähnt.

Aufgabenstellung

In den Hoch- und Mittelspannungsnetzen hat sich als Spannungs-Regelglied der Transformator mit Leistungsstufenschalter völlig eingeführt. Das Übersetzungsverhältnis solcher Regeltransformatoren kann in bestimmten Grenzen durch Zu- oder Abschalten von Wicklungsanzapfungen stufenweise geändert werden. Hierdurch wird das gewünschte Anwachsen oder Vermindern der Regelspannung erreicht. Das Umschalten der Wicklungsanzapfungen erfolgt durch ein besonders

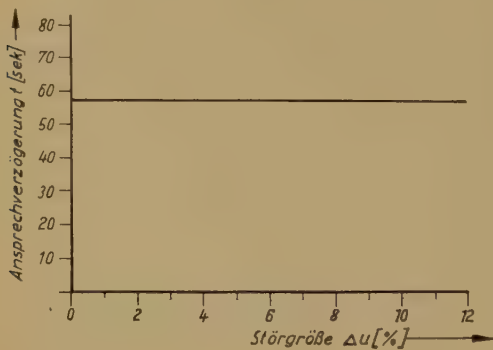


Abb. 1. Arbeitskennlinie eines Reglers mit konstanter Ansprechverzögerung (P-Verhalten). Unabhängig von der Störgröße ist die Ansprechverzögerung durch den einmal gewählten Wert konstant

konstruiertes Schaltwerk — den Stufenschalter — unter voller Belastung. Die Schalterkontakte müssen also stets eine Leistung schalten, wodurch ein gewisser Kontaktbrand unvermeidlich wird.

Für eine möglichst gute Spannungsconstanthal-tung wäre es theoretisch erforderlich, bei jeder Span-nungsstörung, die größer ist als ein Stufensprung des Regeltransformators, sofort eine Wicklungsanzapfung umzuschalten. Für den Stufenschalter würden sich hier-durch jedoch sehr hohe Schaltzahlen ergeben, die auch bei bester Konstruktion dieses Schaltgerätes nicht be-herrscht werden können. Es muß darum bei der Rege-lung ein Kompromiß zwischen der gewünschten Span-nungsconstanz und der maximal zulässigen Schaltzahl des Stufenschalters getroffen werden. Dieser Kompro-miß wird durch eine zweckmäßige, nicht zu feine Stu-fung des Stufensprunges am Regeltransformator und durch eine Begrenzung der Schaltungen des Stufen-

schalters erreicht. Diese zwei einander widersprechen-den Forderungen zeigen, daß das vielfach noch übliche Steuern solcher Regeltransformatoren von Hand durch den Schaltwärter unbefriedigend sein muß. Es ist un-möglich, daß der Schaltwärter neben den anderen ihm obliegenden Aufgaben noch fortlaufend Meßergebnisse integrieren und Stufenschalter bedienen kann. Weiter steigt durch den schnellen Ausbau der Hoch- und Mittelspannungs-Verteilernetze die Zahl der Umspann-werke so rasch an, daß die zur Verfügung stehende Arbeitskapazität des ausgebildeten Bedienungspersonals dringend für wichtigere Aufgaben, z. B. Zusammen-schalten der Netzgruppen, Auswerten der wichtigsten Meßergebnisse, Störungssuche usw., benötigt wird. Das immer weiter ansteigende Vermaschen der Netze und die stets höher werdenden Anforderungen der Kon-sumenten stellen Bedingungen an die Spannungs-constanz im Hochspannungsnetz, die vor einigen Jahren noch nicht auftraten. Handregelung unter solchen Um-ständen bedeutet entweder zu hohe Schalhäufigkeit der Stufenschalter oder aber unzufriedene Kon-suumenten¹⁾.

Aus diesen Gründen hat sich in den letzten Jahren die automatische Spannungsregelung immer stärker durchgesetzt. Der Grund hierfür ist darin zu suchen, daß eine richtig angepaßte Regelautomatik mit weniger Schaltschritten des Stufenschalters mindestens die gleiche Spannungsconstanz erreicht wie ein geübter Schaltwärter.

Ein automatisches Regelgerät muß bei Abweichun-gen der Istwertspannung von der Sollwertspannung, die größer sind als ein Stufensprung des Transfor-mators, den Steuerimpuls für den Stufenschalter mit einer gewissen Verzögerung weitergeben. Untersucht man die von der Industrie geschaffenen Regler nicht nach der konstruktiven Form, sondern nach ihrer prinzipi-ellen Wirkungsweise, so kann man zwei große Gruppen von Geräten unterscheiden:

1. Regler mit konstanter Ansprechverzögerung¹⁾ (P-Verhalten, Proportional-Verhalten).
2. Regler mit integrierender Ansprechverzögerung (I-Verhalten, Integral-Verhalten).

Ein Regelgerät mit einer *konstanten Ansprechver-zögerung* gibt den Schaltbefehl nach Ablauf der einge-stellten Verzögerungszeit weiter, ohne Rücksicht darauf, ob die zulässige Regelabweichung nur um ein Ge-ringes oder um einen großen Betrag überschritten ist (Abb. 1). Da große Spannungsabweichungen, z. B. 10%, im geordneten Netzbetrieb zum Vermeiden ernstlicher Störungen ziemlich schnell ausgeregelt werden müssen, muß man nach der größten zu erwarten-den Spannungsstörung, die noch betriebsmäßig ausge-

^{*)} K. P. Weber ist ein Vertriebsingenieur bei der Firma P. Gossen & Co. GmbH., Erlangen/Bayern.

¹⁾ Stüss, R.: Selbsttätige Spannungsregelung in unbe-setzten Schaltstationen. Energie, Band 8 (1956), S. 2—6.

regelt werden soll, die Verzögerung des Reglers einstellen. Dies bedeutet, daß kleine Störungen, die nur wenig die zulässige Regelabweichung überschreiten, ebenfalls mit dieser relativ kurzen Ansprechverzögerung ausge-regelt werden und somit der Stufenschalter recht oft be-tätigt wird.

Ein Regelgerät mit integrierender Ansprechverzöge-rung hat ein grundsätzlich anderes Zeitverhalten. Große Spannungsabweichungen vom Sollwert werden relativ schneller ausgegeregelt als kleine (Abb. 2). Zwangs-läufig ist ein solches Zeitverhalten günstiger, denn große Störungen können mit der für den Netzbetrieb notwendigen Schnelligkeit ausgegeregelt werden, während kleinere Spannungsabweichungen, die nicht kritisch sind, mit einer wesentlich längeren Zeitverzögerung ausgegeregelt werden können. Durch diese Charakteristik ist die günstigste Formel gefunden:

Beste Spannungskonstanz bei geringsten Schalt-zahlen des Stufenschalters.

Die Praxis hat seit Jahren aus diesen Überlegungen die Konsequenz gezogen: Für große Regeltransfor-matoren mit teuren Stufenschaltern werden Regler mit integrierender Ansprechverzögerung eingesetzt. Bei kleineren Regeltransformatoren sind die Stufenschalter wesentlich billiger — aus diesem Grunde werden hier meist die im allgemeinen billigeren Regler mit konstan-ter Ansprechverzögerung als ausreichend empfunden. Die kritische Leistungsgrenze des Transformators schwankt natürlich von Fall zu Fall, da die Größe und die Häufigkeit der Spannungsschwankungen in dem zu versorgenden Netzteil eine Rolle spielen. Ein Wert von

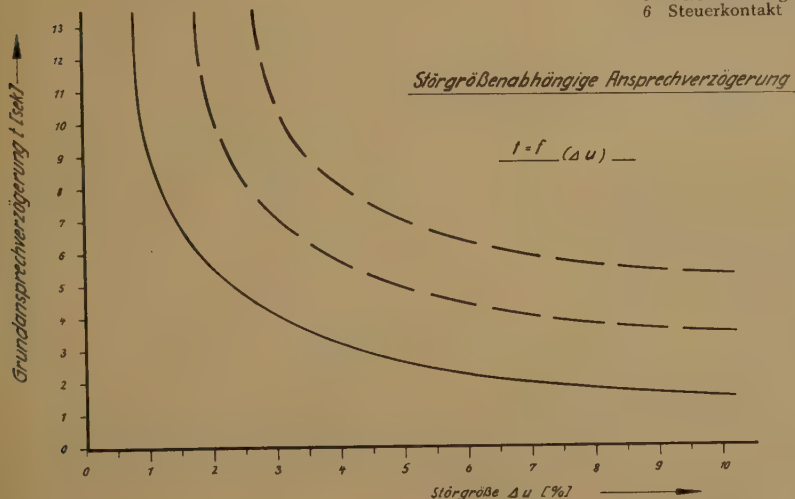


Abb. 2. Arbeitskennlinie eines Reglers mit integrierender Ansprechverzögerung (I-Verhalten). Mit steigender Stör-größe wird die Ansprechverzögerung kleiner und umge-kehrt — $\Delta u \cdot t$ annähernd konstant

etwa 3 MVA Durchgangsleistung kann jedoch als guter Mittelwert betrachtet werden. Bei größeren Trans-formatoren ist ein Regler mit integrierender Ansprech-verzögerung technisch und wirtschaftlich sinnvoller als ein Gerät mit konstanter Ansprechverzögerung^{2) 3)}.

Neben diesen Problemen ist die Betriebssicherheit bei diesen Reglern besonders wichtig. Eine Störung

oder ein Versagen der Regler hat wegen der weit-reichenden Auswirkungen stets unangenehme Folgen — darum werden von den Energieversorgungs-Unter-nehmen die Forderungen nach Betriebssicherheit bei weitgehender Wartungsfreiheit in den Vordergrund gestellt.

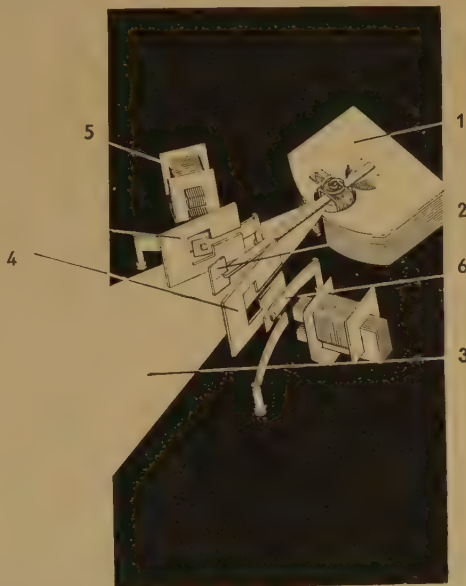


Abb. 3. Drehspulrelais mit elektromagnetischer Kontak-tkraftverstärkung

- 1 Drehspul-Meßwerk mit ballistischer Dämpfung
- 2 Weicheisen-Anker
- 3 Magnetisch abgeschirmter Raum (zulässige Regelabweichung)
- 4 Magnetische Blenden aus Mu-Metall
- 5 Verstärkermagnet
- 6 Steuerkontakt

Als Beispiel einer Lösung sollen zwei neuere, häufig eingesetzte Typen solcher Spannungsregler kurz beschrieben wer-den:

Spannungsregler mit integrierender Ansprechverzögerung (I-Verhalten) für größere Regeltransformatoren:

Ein stark gedämpftes Drehspulrelais mit ballistischer Charakteristik und elek-tromagnetischer Kontaktkraftverstärkung dient als Meßglied. Das Meßwerk ist über eine Brückenschaltung aus unline-aren Kaltleiterwiderständen angeschlos-sen — hierdurch ist trotz Verwenden eines Drehspul-Meßwerkes mit Gleich-richter-Dioden eine effektivwert-richtige Spannungsmessung gewährleistet. Dieses Relais trägt an einem Hebelarm einen

kleinen Anker aus Weicheisen, der in einem durch Blenden magnetisch abgeschirmten Raum den Schwan-kungen der Regelgröße folgt. Überschreitet dieser die zulässige Regelabweichung, so tritt der Anker in ein Fenster der magnetischen Abschirmung, wo er vom

²⁾ WEBER, K. P.: Selbsttätige Spannungsregelung in Hochspannungsnetzen. ETZ-A, Jg. 78 (1957), Heft 21, S. 765 bis 768.

³⁾ Weber, K. P.: Automatische Regelung von Hochspan-nungs-Regeltransformatoren. Elektro-Welt, Ausgabe C 3 (1959), S. 61—63.

Feld eines elektromagnetisch erregten Verstärkermagneten angezogen wird und dabei richtungsabhängig Steuerkontakte schließt (Abb. 3).

Da das Regler-Meßwerk ballistisch gedämpft ist, ist diese impulsförmige Kontaktgabe der Steuerkontakte proportional abhängig von der Größe der Überschreitung der zulässigen Regelabweichung. Die Steuerimpulse gehen auf ein einstellbares Zeitspeicherwerk im Regler⁴⁾. Mit diesem Speicherwerk kann die für den jeweiligen Betriebsfall gewünschte Arbeits-Kennlinie des Reglers gewählt werden. Mit einem zweiten Zeitwerk, dem Grenzzeitwerk, wird die maximale Zählzeit festgelegt, innerhalb derer einzelne Impulse ausgewertet werden sollen. Erreichen die beim Überschreiten der zulässigen Regelabweichung vom Regler-Meßwerk abgegebenen Impulse innerhalb der eingestellten Grenzzeit nicht die am Zeitspeicherwerk eingestellte Zahl, so wird der Stufenschalter auch nicht betätigt. Somit wird auch die Steilheit einer auftretenden Spannungsstörung für die Regelung ausgewertet.

Der Regler blockiert sich automatisch, wenn die Spannung auf 80% des Sollwertes zurückgeht. Er ist mit einer stromabhängigen Sollwertbeeinflussung ausgerüstet. Mit getrennten Zusatzgeräten kann diese Sollwertbeeinflussung in Abhängigkeit vom Wirkstrom $I \cdot \cos \varphi$, vom Blindstrom $I \cdot \sin \varphi$ oder vom Wirkstrom

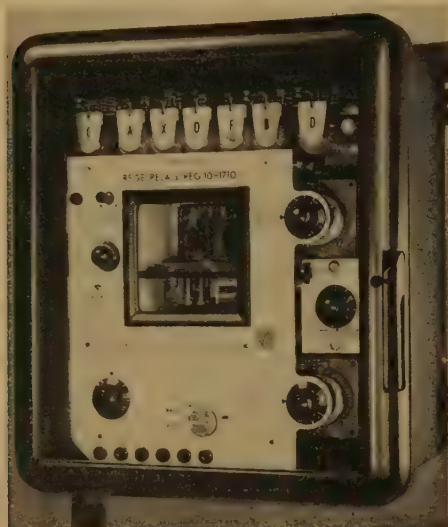


Abb. 4. Spannungsregler mit integrierend-wirkender Ansprechverzögerung (I-Verhalten) und eingebauter, stromabhängiger Sollwertbeeinflussung. (Werkbild Gossen)

$I \cdot \cos \varphi$ und vom Wirkstrom $I \cdot \sin \varphi$ durchgeführt werden. Hierbei ist jede Komponente getrennt für sich einstellbar. Beachtenswert ist, daß alle Bauteile der Standardausführung in einem geschlossenem Gerät untergebracht sind. Möglichkeiten für die Fernsteuerung des Reglers (Ein-Aus-Schaltung und Sollwertwahl) sind durch Ergänzungsbauteile gegeben. Ferner kann mit

⁴⁾ ZWANZIGER, F.: Speicherwerk und Grenzzeitwerk zur Auswertung von Impulsen für Überwachungs- und Regelaufgaben. Elektrizitäts-Wirtschaft, Bd. 54 (1955), S. 462 bis 464.

Hilfe besonderer Meßzusätze der Regler für das Regeln von parallelgeschalteten Regeltransformatoren mit ungleichem Stufensprung, die nicht in einer Station zusammen eingebaut sind, verwendet werden (Abb. 4). Durch dieses Konstruktionsprinzip ist erreicht, daß der Regler nur dann arbeitet, wenn die Regelgröße die zulässige Abweichung nach der einen oder anderen Seite überschreitet. Es ist so ein Höchstmaß an Betriebssicherheit gewährleistet.

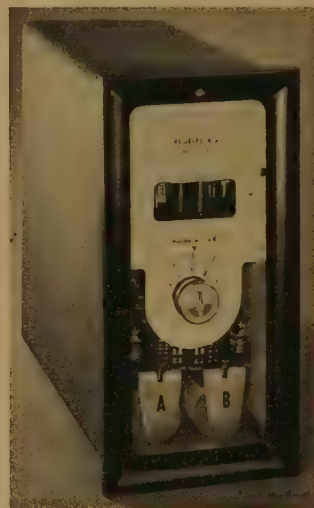


Abb. 5. Spannungsregler mit konstanter, aber einstellbarer Ansprechverzögerung (P-Verhalten). (Werkbild Gossen)

Spannungsregler mit konstanter Ansprechverzögerung (P-Verhalten) für kleinere Regeltransformatoren:

Das Gerät ist mit dem gleichen Meßfühler ausgerüstet. Lediglich besitzt das Drehspulsystem in diesem Fall keine ballistische Dämpfung. Die Steuerimpulse des Meßfühlers erregen ein elektromechanisches Zeitrelais. Nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit wird über einen Steuerkontakt des Zeitwerkes das Ausgangsrelais für den Stufenschalterantrieb erregt. Der Sollwert kann mit einem getrennten Sollwerteinsteller gewählt werden. Die zulässige Regelabweichung kann in Stufen an den Wicklungssprung des Transformators angepaßt werden. Eine stromabhängige Sollwertbeeinflussung (scheinstromabhängig) ist mit einem getrennten Meßzusatz möglich. Durch das gleiche Konstruktionsprinzip ergeben sich hinsichtlich Wartungsfreiheit und Betriebssicherheit die gleichen günstigen Verhältnisse wie bei dem großen Gerät (Abb. 5).

Zusammenfassung

Die Spannungsregelung durch automatisch gesteuerte Regeltransformatoren mit Stufenschaltern ist in den Mittel- und Hochspannungs-Verteilernetzen eingeführt. Für kleinere Regeltransformatoren bis maximal etwa 3 MVA Durchgangsleistung ist im allgemeinen ein einfacher Regler mit konstanter Ansprechverzögerung (P-Verhalten) ausreichend. Bei größeren Regeltransformatoren wird Reglern mit integralwirkender Ansprechverzögerung (I-Verhalten) der Vorzug gegeben.

LICHT UND BELEUCHTUNG

Organ der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft

8. Jahrgang (1960)

Nr. 1

Beilage zu ÖZE 13, 1960, Heft 1

Die Stadtbeleuchtung von Graz

Von Ing. RUDOLF GÖRNER, Graz

Mit 6 Textabbildungen

Wer zur Zeit der abendlichen Dämmerung, vom Schloßberg aus, das beginnende Aufleuchten der vielen Lichter in der zu seinen Füßen weit ausschwingenden Stadt betrachtet, dem kann der schöne, einprägsame Anblick zu einem unvergeßlichen Stimmungserlebnis werden, der durch die Anleuchtungen und Reklamebeleuchtungen noch unterstrichen wird.

Graz, die zweitgrößte Stadt Österreichs (über 233 000 Einwohner), vermag aber auch sonst jeden interessierten Besucher in künstlerischen, wirtschaftlichen und technischen Belangen anzuregen und ihm Wertvolles und Schönes bieten. Freilich liegt es oft verborgen und muß gefunden werden, aber das erhöht ja den Reiz und regt an. Als Gartenstadt angelegt, vom hastenden Durchgangsverkehr weitgehend verschont, offenbart sich die Stadt dennoch lebendig und vielgestaltig. Der Dichter HANNES RECK läßt das Wesen des heutigen Graz erstehen, wenn er in seiner auszugsweise wiedergegebenen, bildhaften Sprache sagt:

Hügelumgürtete Stadt trägst als Krone den Schloßberg.
Eilig durchrauschen der Mur dunkle Fluten Deine Gefilde.

Traumstille Winkel im steinernen Dämmer klingen von
Frohsinn bei Geigen und Wein . . .

Stadt der Musen und pochenden Hämmer bist auch der
Gelehrsamkeit hegender Schrein.

Trotztest den Feinden und mancherlei Tücken, deren
Gewalt tiefe Wunden Dir hieb . . .

Mittler zu sein zwischen Norden und Süden bist Du
berufen.

Bist noch immer Werkstatt der Schaffenden, Ruhsitz der
Müden, pochendes Herz der grünen, ehernen Mark.“

Neben der Fülle steirischer und österreichischer Kultur- und Kunstwerke findet der Fremde bis heute lebendig gebliebenes steirisches Volks- und Brauchtum in seiner mannigfaltigen, ansprechenden Form sowie auch beschauliche Ruhe und echt österreichische Behaglichkeit.

Als Siedlung ist Graz bis in die Steinzeit zurück verfolgbar, jahrhundertlang war es Hauptfestung im Rahmen einer größeren Zahl vorgelagerter Bollwerke. Hier lag ja das Abwehrzentrum gegen die Anstürme aus dem Osten und Süden.

Die letzten Traungauer Fürsten machten die Stadt zum Mittelpunkt des Handels und zum Sitz der Landesverwaltung. Unter Kaiser Friedrich III. war Graz

sogar zeitweise Residenz des „Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nation“.

Aus der wehrhaften Grenzstadt entwickelte sich Graz in der österreichisch-ungarischen Monarchie allmählich zu einem Wirtschafts- und Kulturzentrum mit durchaus eigenständigem Leben. Begünstigt durch die geographische Lage wurde sie zum Mittler von Handel und Wandel zwischen Ost und West, Süd und Nord.

Die beiden Weltkriege haben diese Stadt hart mitgenommen und machten sie zur exponierten Grenzstadt innerhalb eines kleinen Wirtschaftsgebietes. Sie ist dop-



Abb. 1. Das Wahrzeichen von Graz, der Uhrturm

pelt behindert, weil außer der ungünstigen Verkehrslage im äußersten Südosten Österreichs auch noch die vollständige Abriegelung der angrenzenden Nachbarstaaten bis heute gegeben ist.

Die Stadt wurde dadurch gezwungen, sich in ihren wirtschaftlichen Belangen völlig umzustellen; ein Prozeß, der auch zur Zeit noch nicht abgeschlossen erscheint.

Im Oktober 1938 hat sich das Stadtgebiet von Graz durch Eingemeindungen auf das Sechsfache erweitert (von 21,6 km² auf 127,3 km²), während sich die Einwohnerzahl nur um ein Drittel erhöhte (von 152 800 auf 207 700).

Heute bedeckt die Stadt mit ihren Baulichkeiten den nördlichen Teil des Grazer Feldes. Im Stadtgebiet gibt es 760 km Straßen und Wege (mit einer Verkehrsfläche von 4 850 000 m²), daher entfällt auf einen Bewohner zwei- bis dreimal mehr an Weglänge als in anderen Landeshauptstädten.

Schon 1728 gab es in den Grazer Hauptstraßen eine gelegentliche Beleuchtung, die dann im Jahre 1776 zu einer ständigen Einrichtung wurde. Mit dem Bau des Gaswerkes im Jahre 1845 wurde auch 1846 die Gasbeleuchtung in Graz eingeführt. Die Inbetriebnahme des Elektrizitätswerkes im Jahre 1894 war Anlaß, die Stadtbeleuchtung durch Einsatz elektrischer Bogenlampen zu verbessern. Als im Jahre 1921 die Bogenlampen den Metalldrahtlampen weichen mußten, gewann die elektrische Beleuchtung der Straßen erhöhte Bedeutung. Mit der Errichtung eines völlig neuen Drehstromnetzes im Jahre 1923 plante man auch den systematischen Ausbau der elektrischen Straßenbeleuchtung, welche dann im Jahre 1927 begonnen wurde. Seit dieser Zeit weicht die Gasbeleuchtung allmählich der Elektrifizierung.



Abb. 2. Ausleger mit einer Ausladung von 2,5 m

Von den im Jahre 1914 betriebenen 3 394 Gasleuchten werden derzeit nur mehr 196 verwendet, davon 162 in Parkanlagen.

Ende 1959 wird der öffentliche Verkehrsraum in Graz an 9 157 Stellen mit insgesamt 10 904 elektrischen Lampen (in 9 287 Leuchten) beleuchtet. Es werden 8 966 Glühlampen benützt. Etwa 80 % dieser Lampen sind in Reihenschaltung als Niedervolt-Glühlampen für 44 und 22 Volt in Verwendung; sie haben extragroßen Glasballon und eingebaute Kurzschlußüberbrückung mit Ersatzwiderstand. Nur rund 20 % der Glühlampen werden also mit 220 Volt betrieben, doch haben auch diese Lampen extragroßen Glasballon.

Leuchtstoffröhren konnten in Graz nur schwer Fuß fassen, weil langjährige gute Erfahrungen mit den Niedervoltlampen für sie keinen entscheidenden wirtschaftlichen Vorteil erbrachten. Dennoch werden seit längerer Zeit Leuchtstoffröhren verwendet. Zur Zeit stehen 1 938 Leuchtstoffröhren in 341 Leuchten an 287 Stellen in Betrieb. Es handelt sich dabei nur um Lampen mit niedriger Farbtemperatur (Warmton bzw. Warmweiß de luxe).

Quecksilberdampf-Hochdrucklampen mit Leuchtstoffbelag wurden bisher zur Beleuchtung des öffentlichen Verkehrsraumes aus Erwägungen des Investitionsaufwandes und aus betriebstechnischen Gründen vermieden. Mitbestimmend war dabei aber auch die Farbe des ausgestrahlten Lichtes.

Ebenso fanden Natrium-Dampflampen mit ihrem monochromatischen Licht noch keine Verwendung, denn Graz hat keine unverbauten Ausfallstraßen bzw. Autobahnen.

Der Gesamtanschlußwert aller in Graz mit Ende 1959 verwendeten 10 904 Lampen erreicht 1 688 kW (Lichtstrom 27,5 · 10⁶ Lumen). 10 091 Lampen werden ganznächtigt betrieben, 813 Lampen in der Zeit von 23.30 Uhr bis 5.00 Uhr morgens abgeschaltet.

Daraus ergibt sich rechnerisch, daß zur Zeit für je 21 Bewohner der Stadt 1 öffentliche Lampe und je Einwohner eine elektrische Leistung von 7,24 W bzw. ein Lichtstrom von 118 Lumen installiert sind und eine jährliche Lichtmenge von 495 000 Lumen-Stunden aufgewendet wird.

Im Rahmen der verfügbaren finanziellen Mittel der Stadt wird an der Erweiterung und Verbesserung der elektrischen Stadtbeleuchtung gearbeitet, um diese den modernen Verkehrserfordernissen anzupassen.

Technisch interessierte Beobachter könnten bei einem abendlichen Stadtrundgang an den angegebenen Orten die hier verzeichneten Beleuchtungsanlagen in der für Graz üblichen Bauweise beobachten. Die angeführten technischen Daten sollen die lichttechnische Beurteilung an Ort und Stelle erleichtern.

I. Glühlampen-Beleuchtungsanlagen für 220, 44 und 22 V

a) Ausleger in verschiedenen Formen mit Ausladung von 1,35 bis 2,50 m. Diese Ausleger, auf Holz- oder Eisenmasten montiert, finden hauptsächlich im Freileitungsnetz vor allem in den Außenbezirken, fallweise auch in Nebenstraßen der Innenbezirke Verwendung. Die Lichtpunkthöhe beträgt hierbei 7 m und bei neueren Anlagen 8 m. Der Leuchtenabstand 45 bis 50 m. Die meistverwendete Auslegerform zeigt Abb. 2. Diese ein

achen, billigen Ausleger bringen bei einer Ausladung von maximal 2,50 m durch die 2,50 m über dem Mastbefestigungspunkt liegende Leuchtenbefestigungsstelle einen wertvollen Gewinn an Lichtpunkthöhe, so daß bei gleicher Lichtpunkthöhe kürzere und damit billigere Maste benötigt werden.

b) Ein- und zweireihige Quergehänge über der Fahrbahn. Die erste Beleuchtungsanlage dieser Art wurde im Jahre 1925 in der Steyrergasse ausgeführt. Die Lichtpunkthöhe beträgt dort etwa 6,5 m und der Leuchtenabstand ungefähr 56 m. Neuere Anlagen dieser Art haben eine Lichtpunkthöhe von 8 m bei einem Leuchtenabstand von 45 bis 50 m. Grundsätzlich werden diese Anlagen so gestaltet, daß durch Zwischensetzen der Leuchtenabstand ohne wesentliche Kosten auf die Hälfte reduziert werden kann.

c) Architektonisch gestaltete Leuchten. Solche Leuchten finden vereinzelt in den Innenbezirken Verwendung, z. B. am Aufgang zum Uhrturm (Felsensteig), auf der Hauptbrücke über die Mur.

II. Leuchtstoffröhren-Beleuchtungsanlagen

a) Ein- und mehrreihige Quergehänge über der Fahrbahn; Leuchten in Längsaufhängung (parallel zur Straßenachse). Die Lichtpunkthöhe bei diesen Anlagen beträgt 8 m, der Leuchtenabstand 12,5 m. Es werden je Leuchte zwei Leuchtstoffröhren 40 W angeordnet (eine Leuchtstoffröhre von 23.30 Uhr bis 00.00 Uhr abschaltbar). Einreihige Anlagen befinden sich in der Kärntner Straße, der Brückenkopfgasse und der Talbärthgasse; zwei- und dreireihige auf dem südlichen Teil des Griesplatzes.

b) Peitschenmaste. Eine solche Anlage befindet sich am Peter-Rosegger-Kai — Zimmerplatzgasse. Die Leuchte



Abb. 3. Leuchtstoffröhren — Beleuchtungsanlage mit Peitschenmasten am Peter-Rosegger-Kai

enthält zwei Leuchtstoffröhren 40 W, die getrennt schaltbar sind. Abb. 3 zeigt die Anlage am Peter-Rosegger-Kai. Die Lichtpunkthöhe beträgt 7,5 m und der Leuchtenabstand etwa 16 m.

c) Kandelaber mit Pilzleuchten. Auf dem Bahnhofplatz, dem größten Platz der Stadt (etwa 350 m lang und 80 m breit) und dem angrenzenden Bahnhofgürtel wurde — den Wünschen der Stadtverwaltung entsprechend — eine besonders festlich wirkende Beleuchtungsanlage errichtet, die naturgemäß höhere Errichtungs- und Betriebskosten bedingt. Der Platz wird mit 26 Groß-



Abb. 4. Bahnhofplatz-Beleuchtungsanlage mit Großschirmleuchten

schirmleuchten mit je 16 Leuchtstoffröhren 40 W im Schaft und 16 Leuchtstoffröhren 20 W im Pilzdach beleuchtet. Die Lichtpunkthöhe ist 12 m, der Kandelaberabstand etwa 32 m und die mittlere Beleuchtungsstärke etwa 10 Lux (im Neuzustand). Abb. 4 zeigt einen Teil dieses Platzes. Der Bahnhofgürtel wird mit 34 gegenständig angeordneten Schirmleuchten mit je 16 Leuchtstoffröhren 20 W ausgeleuchtet. Die Lichtpunkthöhe ist 7,2 m, der Leuchtenabstand etwa 22 m und die mittlere Beleuchtungsstärke etwa 5 Lux (im Neuzustand).

d) Kandelaber mit fünf-armigen und zweiarmigen Auslegerleuchten. Im nördlichen Teil des bereits um-



Abb. 5. Graz: Opernhaus



Abb. 6. Graz: Mariahilferkirche

gestalteten Griesplatzes und in der Halbärthgasse vor der Universität sind fünfarmige Leuchtstoffröhren-Auslegerleuchten mit je fünf Leuchten für zwei Leuchtstoffröhren 40 W montiert. Bei einer Lichtpunkthöhe von 11,5 m beträgt der Abstand der Kandelaber etwa 27 m und die mittlere Beleuchtungsstärke etwa 10 Lux (im Neuzustand). Auf der Albrechts- und Radetzkybrücke wurden, in Abständen von etwa 16,5 m, in gegenständlicher Anordnung, Kandelaber mit je zwei Leuchten (für zwei Leuchtstoffröhren 40 W) montiert; Lichtpunkthöhe 7 m.

III. Anleuchtungen

Zur Verschönerung des abendlichen Stadtbildes werden auch einige markante und historische Bauwerke angeleuchtet. Solche Anlagen sind:

Das Wahrzeichen von Graz, der Uhrturm (Abb. 1),
die Kanonenbastei auf dem Schloßberg,
das Paulustor, ein noch im ursprünglichen Zustand erhaltener östlicher Stadteinlaß,
das Opernhaus (Abb. 5),
das Peter-Rosegger-Denkmal,
der schöne barocke Turm der Stadtpfarrkirche,
die spätbarocke Mariahilferkirche mit den zwei Türmen (Abb. 6).

Ebenso werden der Opernhaus- und der Stadtparbrunnen beleuchtet.

IV. Weihnachtsbeleuchtung

Den Kaufleuten der Annenstraße ist daran gelegen, daß die etwa 1 km lange Annenstraße, die, als ausgesprochene Geschäftsstraße, den Bahnhof mit der Innenstadt verbindet, in der Weihnachtszeit besonders festlich beleuchtet wird. Es werden in Abständen von etwa 25 m, Girlanden mit je 29 Glühlampen 15 W (weiß) an den Querverspannungen der Straßenbeleuchtung über die Straße gespannt.

Jahrgang 13 (1960)

Originalarbeiten

- Ahrem, F.: Inbetriebnahme und Erprobung der Blockeinheit St. Andrä II. 173
- Alexander, E.: Die Turbinen-Anlage (DKW St. Andrä II). 139
- Angerer, K.: Die Baustelleneinrichtung bei den Schwergewichtsmauern auf dem Seenplateau Reisseck. 296
- Bauer, L.: Beeinflussung der Stromversorgung durch Änderung der Arbeitszeit (45-Stunden-Woche, 5-Tage-Woche). 635
- Baumhackl, H.: Die Hydrologie des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 255
- Beidl, G.: Der 160-t-Maschinenhauskran (DKW St. Andrä II). 150
- Bellometti, U.: Kaltgepanzerter Rohre. 376
- Bermann, R.: Die Planung des Fernheizkraftwerkes Wels. 522
- Binder, E.: Rohrbruchklappen für wechselnde Durchflußrichtung. 386
- Borufka, J.: Die Fernmeldetechnik im Winterspeicherwerk Reisseck-Kreuzeck. 430
- Bulla, W.: Kleinkraftwerke in Netzen mit Kurzunterbrechung. 224
- Croce, A.: Sicherheit der Elektrizitätsversorgung und -anwendung als Voraussetzung für höheren Elektrifizierungsgrad. 594
- Dichtl, E.: Fernheizkraftwerk Wels der Elektrizitätswerk Wels Aktiengesellschaft. Entstehungs- und Finanzbericht. 518
- Edwin, K.: Die Bedeutung der Verlustfaktormessung für die Prüfung von Generatorwicklungsstäben. 625
- Edwin, K. und A. Hofstätter: Zur Frage der Verlustbewertung und des Anbotvergleichs elektrischer Maschinen. 37
- Edwin, K. und W. Zwicknagl: Grundlagen für die Überwachung der Generator-Wicklungsisolation. 423
- Egger, W.: Elektrizitätswirtschaft, eines der Fundamente des modernen Lebens und Wirtschaftens. 463
- Erbacher, W.: Statistische Beurteilung der Häufigkeit und Größe induktiver Beeinflussungen von Fernmelde-Leitungen durch Hochspannungsleitungen. 1
- Exenschläger, J.: Der Turbogenerator im Fernheizkraftwerk Wels. 531
- Fasol, K. H.: s. F. Schulz
- Finger, W.: Bachfassungen und Beileitungen zu den Laufwerkstufen. 305
- Finger, W.: s. E. Neuhauser
- Finger, W.: s. W. Steinböck
- Fischer, E.: Wertbare und gesicherte Leistung. 632
- Fox, H.: Die Druckrohrleitung der Speicherstufe Reisseck. 349
- Fritsch, K.: Siebtrommelanlage für die Reinigung von Kühlwasser, Stundenleistung 1 000 m³. 552
- Fröhlich, E.: Die Kesselanlage (im FHKW Wels). 534
- Gasser, G.: s. R. Mussnig
- Gleissner, H.: Zum Geleit (FHKW Wels). 505
- Grimm, H.: Probleme der Allgemeinversorgung mit elektrischer Energie. 15
- Gruder, E.: Die ELIN-Stromerzeuger des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 421
- Hahn, W.: Die Planung des Dampfkraftwerkes St. Andrä II. 106
- Hauptmann, E.: Isolierung direkt erdverlegter Rohrleitungen in Wels nach neuartigem Verfahren. 551
- Hausmann, H.: Die Bekohlungsanlage und Entaschungseinrichtung im Dampfkraftwerk St. Andrä. 165
- Hauttmann, H.: Aldur-Stahl aus dem Elektroofen und LD-Tiegel. 360
- Henchoz, R. B.: Die Turbinen der Speicherstufe Reisseck mit der größten Fallhöhe der Welt. 396
- Heschl, W.: s. W. Steinböck
- Hiemesch, U.: Kugelverteilstücke als Turbinenabzweige. 389
- Hinternayer, F.: Tätigkeitsbericht des Bundeslastverteilers über das Betriebsjahr 1959. 201
- Hoffmann, K.: Die elektrischen Einrichtungen des Dampfkraftwerkes St. Andrä II. 180
- Hoffmann, K.: Die elektrischen Anlagen des Kraftwerkes Reisseck-Kreuzeck. 416
- Hofstätter, A.: s. K. Edwin
- Honold, E. und K. Saalfeld: Speise- und Kühlwasserpumpen im Kraftwerk St. Andrä. 152
- Hoppenberger, H.: Die baukünstlerische Gestaltung (DKW St. Andrä II). 117
- Hoppenberger, H.: Die baukünstlerische Gestaltung des Fernheizkraftwerkes Wels. 520
- Horak, H.: Geodätische Aufgaben beim Kraftwerksbau. 264
- Horninger, G.: Baugeologisches aus der Kraftwerksgruppe Reisseck-Kreuzeck. 260
- Jahn, H.: Betrieb im Winterspeicherwerk Reisseck-Kreuzeck. 444
- Jesch, W.: Zur Entschädigung von Wassernutzungsrechten an öffentlichen Gewässern. 12
- Kanitsar, F.: Hochspannungs-Schaltanlage und Generatorschutz des Fernheizkraftwerkes Wels. 543
- Kermauner, F.: s. E. Uhrir
- Köchl, W.: Die Fernwirkanlage der Pumpstation Hattelberg. 436
- Kouril, F.: Die chemische Aufbereitung (Vollentsalzung) des Kesselspeise-Zusatzwassers. 157
- Koss, O.: Zum Geleit (FKHW Wels). 506
- Krautt, W.: Vom Bau der 220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter. 605
- Krebs, K.: Dampfkraftwerk St. Andrä II. 102
- Krebs, K.: Zur Geschichte des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 238
- Kroms, A.: Leistungs- und Energiebilanz der Verbundsysteme. II. Energiebilanz. 652
- Kugler, G. und H. Steiner: Kaufmännische und administrative Probleme beim Bau des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 252
- Kündig, J.: Die Speicherpumpen Hattelberg. 412
- Kurzmann, E.: Bautechnische Erfahrungen bei der Errichtung des Dampfkraftwerkes St. Andrä II. 108
- Lohwag, K.: Über ein neues Mastennachschützverfahren und -gerät. 651
- Markt, G.: Carl Hochenegg. Zur Wiederkehr seines 100. Geburtstages. 623

- Mattioli, G.: Berechnung von Krümmerrohren unter innerem Druck. 379
- Meckel, R.: Welche Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung erscheinen auf Grund von Erfahrungen und unter Berücksichtigung der fortschreitenden Entwicklung der Elektrotechnik in den Abnehmeranlagen am zweckmäßigsten? 598
- Michel, H.: Der Leistungsfaktor in der Strompreisgestaltung. 208
- Minuth, K.: Der wasserstoffgekühlte Turbogenerator 125 MVA (DKW St. Andrä). 133
- Missoni, A.: Die Hochbauten bei den Kraftwerksanlagen (Reisseck-Kreuzeck). 392
- Möller, J.: Beschreibung der „Pneumatischen Druckentlastung Bauart Möller“ (DKW St. Andrä II.). 171
- Möller, J.: Pneumatische Flugstaubförderanlage „Bauart Möller“ im Fernheizkraftwerk Wels. 550
- Moraw, K.: Die neuen Aufgaben des Umspannwerkes Hesenberg der Verbundgesellschaft. 73
- Muckenhuber, R.: Die Fehlerströme in einem elektrischen Netz als Funktionen des Fehlerortes. 679
- Müller, H. und H. Presterl: Das Zwischenkraftwerk Niklai. 440
- Mussnig, R.: Der Tagesspeicher Gondelwiese. 320
- Mussnig, R.: Die Bauanlagen der Druckrohrleitungen (Kraftwerksgruppe Reisseck-Kreuzeck). 337
- Mussnig, R. und G. Gasser: Der Wochenspeicher Roßwiese. 314
- Neuhauser, E.: Die Stollenbauten der Kraftstufen. 324
- Neuhauser, E. und W. Finger: Die Seeanstiche der Speicherstufe Reisseck. 289
- Oeser, L.: Die Turbinen-Anlage des Fernheizkraftwerkes Wels. 528
- Papst, J.: Österreichs erster Bensonkessel. 128
- Passavant-Werke: Dampfkraftwerk St. Andrä II, Kühlwasserreinigungsanlage. 151
- Patzelt, J.: Überwachung und Regelung des Bensonkessels. 159
- Patzelt, J.: Meß- und Regeleinrichtung in einem Fernheizkraftwerk. 539
- Paul, W.: Die Frischdampfleitungen für das Dampfkraftwerk St. Andrä II. 147
- Planer, G.: Die Schrägaufzüge des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 344
- Pöhl, H.: Über die Berechnung der Kupferverluste von Transformatoren. 9
- Prée, W.: Aufbereitung des Kesselwassers im Fernheizkraftwerk Wels. 545
- Presterl, H.: s. H. Müller
- Rauschhofer, H.: Werkstoff-, Herstellungs- und Montageüberwachung beim Bau der Dampfkesselanlage (DKW St. Andrä II). 122
- Rupp, E.: Betrachtungen über die Auswahl einer geeigneten Blindverbrauchsählertypen für Hochspannungsnetze. 684
- Saalfeld, K.: s. E. Honold
- Scheuer, F.: Schutzmaßnahmen für Turbinen in Mittel- und Hochdruck-Wasserkraftanlagen. 401
- Schmidt, H.: Die Kohlebunker- und Kohleförderband-Entstaubung (DKW St. Andrä). 168
- Schulz, F. und K. H. Fasol: Druckstoßmessungen im Kraftwerk Reisseck-Kreuzeck. 408
- Seindl, O.: Wettbewerbsverhältnisse und Preise in der österreichischen Energiewirtschaft. 469
- Spagnolo, G.: Die Düsensteuerung bei den Kreuzeck-Turbinen. 406
- Steinböck, W.: Planung und Bau des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. 243
- Steinböck, W., W. Finger, W. Heschl: Staumauern und Staudammanlagen der Speicherstufe (Reisseck-Kreuzeck). 272
- Steiner, H.: s. G. Kugler
- Stephenson, J.: Bedarfsanalyse für die Ermittlung der geeigneten Ergänzungskraftwerke zu Laufkraftwerken. 215 (s. Berichtigung 504, 590)
- Strahinger, W.: Die Elektrizität im US-amerikanischen Haushalt. 66
- Strahinger, W.: Entwicklung und Rechtfertigung der Strompreise in der Bundesrepublik Deutschland. 476
- Töply, N.: Charakteristische Merkmale der österreichischen Elektrizitätswirtschaft. 43
- Uhlir, E. und F. Kermauer: Zuverlässige Prüfungen gewährleisten die Sicherheit der Rohrleitungen. 370
- Verband der Elektrizitätswerke Österreichs: Die Tagung des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs in Innsbruck. 461
- Waldbrunner, K.: Zum Geleit (DKW St. Andrä II). 101
- Waldbrunner, K.: Zum Geleit (Kraftwerksgruppe Reisseck-Kreuzeck). 237
- Wakonig, F.: Die Stahlkonstruktionen des Kesselhauses und der Kesseltraggerüste (FHKW Wels). 537
- Wegscheider, F.: Die Baustromversorgung des Kraftwerkes Reisseck-Kreuzeck. 301
- Wegscheider, F.: Die Montage von Druckrohren in Steilstrecken. 353
- Wegscheider, F.: Die Konservierung von Rohrleitungen. 357
- Wenzel, H.: Die Heißwasser-Heizungsanlage im Fernheizkraftwerk Wels. 544
- Werner, Erich: Grundsätzliche Überlegungen beim Entwurf des Dampfkraftwerkes St. Andrä II. 103
- Werner, Erich: Die Entwicklung der Entwürfe für den Bau einer Anlage im Reisseck-Kreuzeckmassiv. 240
- Werner, Ernst: Das Fernheizkraftwerk Wels. 507
- Wittmann, H.: Die Klimaanlage für die Schaltwarte (DKW St. Andrä II). 172
- Zezulak, R.: Rexit, die flüssige Tapete, und Rex Edelspritzputz beim Dampfkraftwerk St. Andrä. 184
- Zwickmagl, W.: s. K. Edwin
- Zwilling, H.: Wasserrohrdringung und Sicherheitsvorschriften. 591

Mitteilungen aus aller Welt

- Ägypten: Die Erzeugung und Verteilung von Elektroenergie in der Vereinigten Arabischen Republik — Ägyptische Region (V. Graber). 50
- Australien: Stand und Aussichten der Energiewirtschaft im fünften Erdteil (V. Graber). 225
- CIGRE: Die 18. Tagung der CIGRE (Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques) in Paris vom 15. bis 25. Juni 1960. 553
- Deutsche Bundesrepublik: Die Elektrizitätsversorgung in der Deutschen Bundesrepublik im Jahre 1958. 19
- Die Tagung der Fachgruppe Regelungstechnik, veranstaltet von VDI/VDE am 29. und 30. Oktober 1959 (W. Hahn). 186
- Die Elektrizitätsversorgung in der Deutschen Bundesrepublik im Jahre 1959. 639
- Die Erdgasvorkommen im bayrischen Voralpenland. 668
- Frankreich: Das Kraftwerk Serre-Ponçon an der Durance (E. Denk). 448
- Jugoslawien-Rumänien: Ausbaupläne für das Eiserne Tor (R. Partl). 79
- Kanada: Probleme der kanadischen Energiewirtschaft (V. Graber). 226
- Norwegen: Die norwegische Elektrizitätswirtschaft im Vergleich zu anderen Ländern (V. Graber). 641
- Polen: Probleme des 380-kV-Netzes in Polen (F. Kerkoszek). 669
- Slowenien: Die Elektrizitätswirtschaft Sloweniens (R. Partl). 611
- Schweiz: Die Elektrizitätsversorgung der Schweiz im Betriebsjahr 1958/59. 609
- USA: Stand der Elektrizitätswirtschaft in den USA. 691
- Weltkraftkonferenz: Die Teiltagung der Weltkraftkonferenz 1960 in Madrid (L. Bauer, A. Kölbl, R. Partl). 555

Mitteilungen des Österreichischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz

- Änderungen im Österreichischen Nationalkomitee der Weltkraftkonferenz. 186
- Statistical Yearbook of the World Power Conference No. 9. 668
- Teiltagung der Weltkraftkonferenz Madrid. 50, 555

Buchbesprechungen

- ASTA — 21 Years of Progress (Die Schriftleitung). 100
- Bauer, L.: Österreichs Energiewirtschaft (E. Königshofer). 234
- Baumann, E.: s. G. Lesch
- Benson, F. A. und D. Harrison: Electric Circuit Theory (L. Bauer). 458
- Bommes, L.: Bestimmung von Leistung und Wirkungsgrad eines Ventilators (Die Schriftleitung). 235
- Brüderlinck R. und H. Jansen: Drehstrom-Gleichstrom-Steuersatz mit Trockengleichrichter in Einwellen- und Zweiwellenanordnung (Die Schriftleitung). 235
- Bundesministerium für Verkehr und Elektrizitätswirtschaft: Österreichs Energiebauten 1959—1960 (R. Partl). 589
- Butterweck, H. J.: Mikrowellenbandfilter unter Verwendung mehrerer Eigenschwingungen in einem Hohlraum (Die Schriftleitung). 622
- Cederholm, C.: The power team (Die Schriftleitung). 503
- Denzel, P. und B. v. Gersdorf: Untersuchungen über die Möglichkeit der selektiven Erdschlußfassung durch Messung des im Erdseil von Freileitungen fließenden Nullstroms (Die Schriftleitung). 236
- Eberts, K.: Entwicklung einiger Meßverfahren und einer frequenz- und amplituden-stabilisierten Meßeinrichtung (Die Schriftleitung). 649
- Eidgen. Amt für Wasserwirtschaft: Hydrographisches Jahrbuch der Schweiz für 1958 (O. Vas). 63
- Eiser, E. und J. Riederer: Energiewirtschaftsrecht (A. Marschalek). 703
- Franken, H.: Schütze und Schützensteuerungen (E. Pawelka). 456
- Frühau, H.: s. E. Philippow
- Gersdorf, B.: s. P. Denzel
- Graewe, H.: Mathematik unter besonderer Berücksichtigung von Physik und Technik. Band IV, Teil 1: Differentialrechnung (Die Schriftleitung). 235
- Hahnemann, H. W.: Die Umstellung auf das internationale Einheitensystem in Mechanik und Wärmetechnik (O. Wondre). 457
- Harrison, D.: s. F. A. Benson
- HEA (Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung): Ringbuch für Elektrizitätsanwendung (F. Kerkoszsek). 648
- Henning, W.: Die Fernbedienungstechnik im Dienste der Elektrizitätsversorgung (H. Stimmer). 199
- Henze, F.: Einführung in die Elektrotechnik (G. Oberdorfer). 35
- Herold, H. H.: s. H. Opitz
- Hoffmann, Ed. W. C.: Statistical Methods in Radio Wave Propagation (H. Pötzl). 455
- Hömig, H. E.: Physikochemische Grundlagen der Speisewasserchemie (R. Mayr-Harting). 61
- Husslein, J.: s. H. Warschko
- Jansen, H.: s. H. Warschko
- Kips, P.: s. H. Opitz
- Koch, K. M. und R. Reinbach: Einführung in die Physik der Leiterwerkstoffe (L. Kneissler). 703
- Kovacz, K. P. und J. Racz: Transiente Vorgänge in Wechselstrommaschinen (R. Stix). 455
- Langsdorf, A. S.: Principles of Direct-Current Machines (R. Stix). 62
- Lauterjung, K.: Untersuchung symmetrischer Hochfrequenzleitungen (Die Schriftleitung). 622
- Lesch, G. und E. Baumann: Lehrbuch der Hochspannungstechnik (K. Moraw). 701
- Lettenmair, J. G.: Karte des Orientteppichgebietes (Die Schriftleitung). 703
- Merten, R.: Resonanzanpassung bei einem Tieflaß (Die Schriftleitung). 649
- Moeller-Werr: Leitfaden der Elektronik. Band I: Grundlagen der Elektrotechnik (P. Klaudy). 454
- Mohr, O.: Steuerungen und Regelungen elektrischer Antriebe (G. Oberdorfer). 457
- Mosonyi, E.: Wasserkraftwerke. Band II: Hochdruckanlagen, Kleinstkraftwerke und Pumpspeicheranlagen (O. Vas). 454
- Obrig, H.: s. H. Opitz
- Opitz, H., H. Obrig und P. Kips: Untersuchung neuartiger elektrischer Bearbeitungsverfahren (Die Schriftleitung). 649
- Opitz, H. und H. H. Herold: Untersuchung von elektro-mechanischen Schaltelementen (Die Schriftleitung). 236
- Österr. Statistisches Zentralamt: Statistisches Jahrbuch österreichischer Städte 1958 (F. Kerkoszsek). 60
- Philippow, E. und H. Frühauf: Grundlagen der Elektrotechnik. Band 7 (H. Hofmann). 456, 622
- Racz, J.: s. K. P. Kovacz
- Rauch, A.: Taschenbuch Wasserkraftanlagen (O. Vas). 199
- Reinbach, R.: s. K. M. Koch
- Reinhardt: Die Elektrotechnik (Ph. Metnitz). 62
- Reza, F. M. und S. Seely: Modern Network Analysis (W. Fitz). 589
- Rhein-Main-Donau A. G.: Großschiffahrtsstraße Rhein—Main—Donau, die wasserwirtschaftliche Bedeutung der Kanalstrecke Bamberg—Nürnberg für Landwirtschaft und Industrie (Die Schriftleitung). 454
- Riederer, J.: s. E. Eiser
- Rint, C.: Lexikon der Hochfrequenz-, Nachrichten- und Elektrotechnik, Band 3 (Die Schriftleitung). 35
- dgl., Band 4 (E. Königshofer). 590
- Rossipal, G.: Wir kochen elektrisch (H. Czeike). 235
- Roth, A.: Hochspannungstechnik (K. Moraw). 198
- Saran, H.: Die Elektrizität — Vom Kraftwerk zum Elektrogerät (F. Kerkoszsek). 100
- Seely, S.: s. F. M. Reza
- Schilt, H.: Elektrizitätslehre (O. Franke). 198
- Schmidt, G.: Kommunale Wirtschaft und Besiedlungspolitik (T. Waas). 588
- Schmitt, F.: s. W. L. Schmitz
- Schmitz, W. L. und F. Schmitt: Die Verwendung des Magnetband-Gerätes zur Speicherung des Kurvenverlaufs elektrischer Ströme (Die Schriftleitung). 235
- Schnessl, F.: Die Kurzschlußvorgänge (W. Erbacher). 61
- Schnyder, K.: Die Handels- und Gewerbefreiheit in der Energiewirtschaft (E. Dichtl). 702
- Schrank, W.: Schutz gegen Berührungsspannungen (G. Biegelmeier). 34
- Schröder, K.: Große Dampfkraftwerke (L. Musil). 62
- Schweizerisches Elektrotechnisches Komitee: Enzyklopädie der elektrischen Isolierstoffe (Die Schriftleitung). 622
- Schwenkhagen, H. F.: Allgemeine Wechselstromlehre. Zweiter Band: Vierpole, Leitungen, Wellen (A. Leschanz). 502
- Smith, R. A.: Semiconductors (L. Bauer). 701
- STEWEAG: Der Elektrobote 1960 (L. Fleury). 61
- Strahinger, W.: Haushaltstromtarife und Haushaltstromverbrauch (O. Vas). 678
- UCPTE: Heidelberg 1959, Jahresbericht 1958—1959 (E. Königshofer). 99
- Union-Zeitungs- und Zeitschriftenverlags- und Vertriebs-Gesellschaft m. b. H.: Der kalte Anschluß (O. Wondre). 199
- VDE: Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Band III (Die Schriftleitung). 503
- VDEW: Mitgliederverzeichnis der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke (K. Selden). 197
- Allgemeine Tarifpreise 1959 (K. Selden). 588
- Technische Richtlinien für Niederspannungs-Freileitungsnetze — Teil II: Bau (E. Königshofer). 622
- VDI-Verlag: Der Ingenieur und seine Aufgaben in neuen Wirtschaftsräumen (K. Selden). 197
- Rechtschreibung der technischen und chemischen Fremdwörter (O. Wondre). 99
- VWEW: Die Elektrizitätswirtschaft in Europa 1957—1975 (K. Selden). 588
- Beiträge zur Ersten Hilfe und Behandlung von Unfällen durch elektrischen Strom (F. Kerkoszsek). 454
- Elektrizitätslehre in der Berufsschule (F. Kerkoszsek). 678
- Wagner, W.: Statik der Starkstrom-Freileitungen (H. Schauer). 60
- Warschko, H. und J. Husslein: Elektrische Haushaltgeräte (H. Grimm). 235
- Weickert, F.: Hochspannungsanlagen (E. Moraw). 456
- Krankheiten elektrischer Maschinen und Transformatoren (R. Stix). 678
- Werr: s. Moeller
- Wildner, H.: Die Technik der Diplomatie (E. Königshofer). 503
- Winter, F. W.: Technische Wärmelehre (W. Rogner). 100
- Witte, H.: Handbuch der Energiewirtschaft. Band II (O. Vas). 622
- Wolf, H.: Gekoppelte Hochfrequenzleitungen als Richtkoppler (Die Schriftleitung). 649
- Wolf, M.: Enzyklopädie der Energiewirtschaft. Zweiter Band (O. Vas). 35
- Zentralstelle für Brandverhütung: Die Brandschäden in Österreich im Jahre 1958 (F. Kerkoszsek). 35
- Die Brandschäden in Österreich im Jahre 1959 (F. Kerkoszsek). 621

Personalnachrichten

Antro, G. van. 64	Hochreutiner, R. 64	Melan, H. †. 650	Triplat, E. †. 236
Bauer, L. 64	Kargl, A. †. 63	Naehr, K. †. 64	Tunkel, M. 64
Beron, R. †. 458	Kemper, H. 622	Neumann, W. †. 236	Vas, O. 504, 678
Bertele, H. 504	Klinger, F. 63	Pirchl, K. †. 236	Vibert, M. 64
Fiechtl, J. †. 63	Kothbauer, A. 590	Roth, A. 678	Vidmar, M. 504
Freiberger, H. 622	Kramer, G. 622	Schaerer, R. 64	Voith, H. 236
Frisch, V. 236	Krebs, K. 504	Schmidt, W. 100	Weskamp, A. 503
Gaigg, K. 199	Kugler, G. 504	Schrack, E. 678	Wolf, L. 64
Hartig, E. 100	Küpfmüller, K. 678	Stahl, R. 504	
Hintermayer, F. 504	Lange, O. 504	Staveren, J. van. 63, 64	
Hochleitner, A. 504	Markt, G. 504	Sykora, O. 504	

Sachverzeichnis

Abwasserfachgruppe ÖWWV. 228	Losenstein. 449	Geschäftsberichte
AEG Austria. 55	Malta. 84	Bayernwerk A.G. 488
Alsthom. 673	Niklai. 440	Donaukraftwerk Jochenstein A. G. 643
American Machine & Foundry Company. 190	Reisseck-Kreuzeck. Heft 6, 84	Elektrizitätswerk Wels A.G. 612
Anbottvergleich elektrischer Maschinen. 37	Ried im Innkreis. 23	KELAG. 673
Anleihen. 85	Salzburg. 190	Oberöstr. Kraftwerke A.G. (OKA). 643
Arbeitsamt internat., Dokumentationsstelle. 55	St. Andrä. Heft 4, 693	Österr.-Bayerische Kraftwerke A.G. 612
Arbeitszeit und Stromversorgung. 635	Schärding. 672	Österr. Donaukraftwerke A.G. (DoKW). 189
Association Internationale de Recherches Hydrauliques. 695	Schütt. 673	Österr. Draukraftwerke A.G. (ÖDK). 83
Ateliers de Construction Delle. 673	Wels. Heft 8, 612	Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A.G. (RWE). 567
Atlas-Copco. 489	Ybbs-Persenbeug. 22	Salzburger A.G. für Elektrizitätswirtschaft (SAFE). 54
Atomfragen: Institut für politische Psychologie. 26	Zeltweg. 84, 672.	Stadtwerke Klagenfurt. 84
— Diskussionstagung. 85	Frankreich. 448	Steirische Wasserkraft- u. Elektrizitäts A.G. (STEWEAG). 227
Ausstellungen. 87	USA. 25	Tauernkraftwerke A.G. (TKW). 53
Austro-Chematom Kernbrennstoff Ges. m. b. H. 86	Elektrizitätswirtschaft, Fundament des Wirtschaftens. 463	Tiroler Wasserkraftwerke A.G. (TIWAG). 673
Basel, Mustermesse. 87	Energiewirtschaft	Verbundgesellschaft. 21
Battelle-Institut. 488	Europa. 227	Vorarlberger Illwerke A.G. (VIW). 84
Bayernwerk A.G. 488	Belgien. 613	Gesicherte Leistung. 632
Bedarfsanalyse. 215	Deutsche Bundesrepublik. 19, 639	Grenzkosten. 26
Beeinflussung, Fernmelde-Leitungen. 1	Frankreich. 24, 617	Hausfrau, beste Österreichs. 566
Berührungsspannung. 598	Großbritannien. 488, 568, 696	Haushalt, Elektrifizierung in USA. 66
Bestandsstatistik. 611	Irland. 696	Hessenberg, Umspannwerk der VG. 73
Betriebsstatistik. 558	Italien. 228	Hohenegg, Carl. 623
Blindleistungserzeugung. 645	Jugoslawien. 79, 449, 611	Hochspannungsleitungen, Beeinflussung der Fernmelde-Leitungen. 1
Blindverbrauchsähler im Hochspannungsnetz. 684	Norwegen. 641	Induktive Beeinflussung, Fernmelde-Leitungen. 1
Blitzableiterbau. 23	Österreich. 13, 43, 201	Industrial Development. 568
Briefe an die Schriftleitung:	Polen. 669	Industries Electroniques. 55
Fasol-Hutarew. 458	Rumänien. 79	Internat. Atom-Energie-Organisation. 674, 696
Hutarew. 649	Schweden. 25, 229, 488	Irak, Aufträge an Österreich. 228
Brennstoffstatistik. 558	Schweiz. 86, 190, 228, 609	Iran, Besuch des Kaisers. 448
Bündelleiter. 229	Ungarn. 568	Jugel. 695
Bundeslastverteiler:	UdSSR. 674	KELAG. 673
Elektrizitätsversorgung und Tagesdiagramme. 32, 57, 96, 194, 232, 451, 500, 585, 618, 646, 675, 696	Vereinigtes Königreich. 24	Klagenfurt Stadtwerke, Geschäftsbericht. 84
Tätigkeitsbericht. 201	Ägypten. 50	Kochherd, Energiebedarf. 87
Betriebsstatistik. 558	Australien. 225	Kohlenkrise. 86, 189, 192
Brennstoffstatistik. 558	Chile. 191	Kraftwerksbau — Naturschutz, Vortrag. 22
Lastverteilertagung. 695	Kanada. 226	Kupferverluste, Transformatoren. 9
CIGRE-Tagung 1960. 553	USA. 25, 66, 691	Kurzunterbrechung. 224
Compagnie Internationale de Télégraphie sans Fil (C.S.F.). 614	Elektrogeräte, USA. 66	Landeslastverteiler. 695
Donaukraftwerk Jochenstein A.G. 643	Elektrotechnische Versuchsanstalt. 644	Landesverteidigung. 644
Druckstöße in Druckrohrleitungen. 55	ELIN-UNION, Informationstagung. 22, 23	Laplace-Transformation. 55
Edison Electric Institut. 25	Energieanleihen. 85, 694	Leistung, wertbar, gesichert. 632
Eisernes Tor. 79	Energiebilanz, Verbundsysteme. 652	Leistungsbilanz, Verbundsysteme. 652
EDF. 24	Energiewirtschaft. 86, 469, 615	Leistungsfaktor, Strompreisgestaltung. 208
Elektrizität aus heißem Gas. 569	Entschädigung, Wassernutzungsrechte. 12	Leistungsfrequenzregelung in Österreich. 650
Elektrizitätswerke	Erdgas in Bayern. 668	Leitungen in Österreich. 694
Österreich. 208	Erdschlußselektor. 89	
Altenmarkt. 671	Erdungsanlagen. 697	
Aschach. 560	Ergänzungskraftwerk. 215	
Draukette. 84	EFTA. 87, 189	
Edling. 84, 449	Euratom. 54	
Graz. 191, 449	EWG. 87, 189	
Kauertal. 673, 694	Fehlerströme. 679	
	Fernheizkraftwerk Graz. 191, 208	
	Fernheizkraftwerk Wels. Heft 8	
	Fernmeldeleitungen, Beeinflussung. 1	
	Finanzierung der Elektrizitätswerke. 616	
	Freileitungen, Einfluß der Masthöhe. 191	
	Freileitung Kaprun—St. Peter. 605	
	Gaswirtschaft, Österreich. 86	
	Generatorwicklungsstäbe, Prüfung. 625	

Mainkraftwerk Schweinfurt G. m. b. H. 696
 Maschinen elektr., Verlustbewertung. 37
 Mastennachschutzhverfahren. 651
 Mitteilungen der Industrie
 Kravaric & Co., Elesta A. G. 200
 Durisol-Bauweise (Dr. E. Titze). 590
 P. Gossen & Co. G. m. b. H., Erlangen (K. P. Weber). 704
 Montanunion. 23
 Naturschutz — Kraftwerksbau, Vortrag. 22
 Nullspannung. 591, 594, 598
 Obere Donau-Kraftwerke AG. 613
 OKA. 643
 OEEC. 86
 Österr.-Bayerische Kraftwerke A. G. 612
 Österr. Donaukraftwerke A. G. 189
 Österr. Draukraftwerke A. G., Geschäftsbericht. 83
 — Dampfkraftwerk St. Andrä. Heft 4
 Österr. Energiekonsumentenverband. 189
 Österr. Normenausschuß. 87, 450, 566, 696
 Österr. Stickstoffwerke A. G. 86
 Österr. Studiengesellschaft für Atomenergie. 85, 86, 190
 Österr. Wasserwirtschaftsverband. 228
 Our, Pumpspeicheranlage. 86
 Pumpspeicheranlage Our. 86
 Rechtsfragen. 12
 Regionalgruppe Deutschland-Italien-Österreich. 22, 695
 Rhein-Main-Donau A. G. 190, 229, 696
 Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk A. G. 567
 Runderlaß Nr. 13. Heft 4
 SAFE. 54

Sauter A. G. 613
 Seekabelverbindung. 191
 Seibersdorf, Studienreaktor. 650
 Sicherheit der Elektrizitätsversorgung. 594
 Sicherheitsvorschriften. 591
 Silikon-Isolierstoffe. 22
 Société générale de Constructions électriques Alstom. 673
 Speicher, wirtschaftliche Optimierung. 450.
 Schutzordnung. 599
 Stadtwerke Klagenfurt. 84
 Statistische Beurteilung, Beeinflussung der Fernmelde-Leitungen. 1
 STEWEAG, Umspannwerk Graz-Süd. 21, 64
 — Geschäftsbericht. 227
 Strompreise, Tarife. 26, 89, 90, 199, 208, 469, 476, 618, 644
 Studienreaktor Seibersdorf. 650
 Tagung, Chemie. 191
 Talsperren. 646
 Tarife
 allgemeine. 26, 208, 469, 618
 Deutsche Bundesrepublik. 476
 Salzburg. 90
 Schweiz. 89, 644
 Tauernkraftwerke A. G. (TKW). 53
 Technische Hochschule Karlsruhe. 450
 Technische Hochschule Köln, Energie-wirtschaftliches Institut. 87, 562
 TIWAG. 673
 Transformatoren. Kupferverluste. 9
 Umspannwerke
 Österreich
 Graz-Süd, STEWEAG. 21, 64
 Hessenberg. 73

UCPTE. 55, 190, 228, 612, 694, 695
 UNIPEDE. 448, 614
 USA, Haushalt-Elektrifizierung. 66
 Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Mitteilungen. 28, 56, 65, 89, 90, 91, 190, 199, 230, 232, 451, 489, 497, 499, 500, 570, 580, 697, 703, Heft 7
 Verbundbetrieb Schweden-Finnland. 569
 Verbundgesellschaft. 21, 73, 694
 Verbundkonzern. 487
 Verbundsysteme, Energiebilanz. 652
 VDE, Tagung Regelungstechnik. 186
 VDE-Verlag, Vorschriften. 25, 567, 613, 644
 VDI, Tagung, Regelungstechnik. 186
 VDEW
 Fachtagung Wasserkraft. 23
 Tagung Mannheim. 560
 Verlustbewertung elektr. Maschinen. 37
 Verlustfaktormessung. 625
 Versuchshof Speckbaum. 88
 VIW, Geschäftsbericht. 84
 Wahrscheinlichkeitsrechnung, Anforderungen an elektr. Verbundsysteme. 616
 Wasserkraft, Fachtagung VWEW. 23
 Wasserkraftanlagen, USA. 27
 Wassernutzungsrecht, Entschädigung. 9
 Wasserrohrleitung. 591
 Wels, Elektrizitätswerk, Geschäftsbericht. 612
 Weltkraftkonferenz. 50, 65, 186, 555, 668
 Wertbare Leistung. 632
 Wettbewerb. 469
 Ziviltechniker, Österreich. 615

Mitteilungen des Verbandes der Elektrizitätswerke Österreichs

Anschluß ungeprüfter Elektrogeräte. 500
 Bericht über die Verbandstätigkeit im Geschäftsjahr 1959. 489, 570, 703
 Blitzschutzanlagen. 232, 451
 Dachständer und Blitzschutzanlage. 232
 Erhaltung elektrischer Anlagen in ordnungsgemäßem Zustande. 89

Freileitungen. 451
 Kohlenlage. 192
 Lichtberatung. 90
 Prüf- und Qualitätszeichen. 28, 56, 91, 497, 580
 Salzburg, Strompreise. 90
 Sicherheitsfragen. 697

Tagung Innsbruck 1960. 65, 190, Heft 7
 Tarife, Salzburg. 90, 199
 Tonfrequenz-Rundsteueranlagen. 500
 Versuchsstelle. 230
 Vollversammlung 1960. 499

Beilage: Licht und Beleuchtung

Göbel, H.: Die Beleuchtungsanlage im Dürnsteyntunnel. 9
 Görner, R.: Die Stadtbeleuchtung von Graz. 1
 Prochazka, H.: Der umgebaute Wiener Hochstrahlbrunnen. 5
 Ruzicka, H.: Ton- und Lichtspiele im Oberen Belvedere. 13

Zeitschriftenschau. 7, 8
 Die IX. Fachtagung der Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft in Salzburg. 8

Beilage: Elektrowärme

Florian, O.: Die Entwicklung des automatischen Backofens für Brot und Gebäck in Österreich. 10
 Leitner, A.: Die Abkühlung elektrischer Öfen. 17
 Moditz, H.: Stromversorgung von Widerstandsschweißmaschinen. 33

Neidhardt, U.: Grundlagen und Geräte für den Lastausgleich bei Widerstands-Schweißmaschinen. 43
 Nikolaus, O.: Speicherbacköfen in gewerblichen Bäckereien. 1
 Bericht über die Arbeiten des IV. Internationalen Elektrowärmekongresses, 1959, Stresa. 13, 21

Beilage: Das Atomkraftwerk

Hanle, W. und A. Scharmann: Einwirkung energiereicher Strahlung auf Materie. 1
 Higatsberger, M. J.: Reaktorzentrum Seibersdorf. 29
 Jacobi, W.: Das Atomenergiekraftwerk Chapelcross. 10
 Scharmann, A.: s. W. Hanle

Schmidl, H.: Der Halden-Siedewasserreaktor. 13
 Bericht über die Internationale Diskussionstagung über Kernkraftwerke (W. Kunz). 21
 Energiewirtschaftliche Kurzberichte. 12, 26, 37
 Zeitschriftenschau. 37

Buchbesprechungen:

Boettcher, A., W. Finkelnburg: Nukleonik (Die Schriftleitung). 27

Finkelnburg, W.: Einführung in die Atomphysik (M. J. Higatsberger). 27
 Münzinger, F.: Atomkraft (O. Vas). 27
 Who's Who in Atoms? (Die Schriftleitung). 28

Der umgebaute Wiener Hochstrahlbrunnen

Von Ing. HERBERT PROCHAZKA, Wien

Mit 7 Textabbildungen

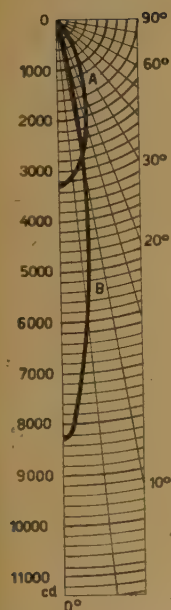


Abb. 1. Lichtverteilungskurven der Preßglas-Reflektorlampen

A Comptalux-Fluder
150 W, 220 V
B Attralux-Spot
150 W, 220 V

Die Anlagen des Hochstrahlbrunnens auf dem Schwarzenbergplatz, der schon immer eine Wiener Sehenswürdigkeit gewesen ist, wurden im vergangenen Jahr grundlegend umgebaut. Ausschlaggebend für den Umbau waren die Umschaltung von Gleich- auf Wechselstrom, der unwirtschaftliche und umständliche Betrieb der bisher verwendeten Kohlenbogenlampen und Schwierigkeiten in der Wasserversorgung. In den letzten Jahren mußte das gesamte Wasser im Ausmaß von über 1 000 m³ pro Betriebsstunde dem normalen Wasserversorgungsnetz entnommen werden. Durch die Aufstellung von Umwälzpumpen wird nun praktisch immer dasselbe Wasser verwendet. Aus dem Wasserleitungsnetz muß nur das Verlustwasser, Verdunstung und Vertragen durch den Wind, gedeckt werden.

Zur Schaffung einer einwandfreien Beleuchtungsanlage wurden fast zwei Jahre eingehende Versuche durchgeführt, fünf Firmen hatten Vorschläge gemacht und Leuchten mit den verschiedensten Lichtquellen zur Verfügung gestellt. Schließlich entschloß sich das Stadtbauamt, die Preßglasreflektorlampen, Type „Spot“, 150 W, 220 V, zu verwenden. Dies sind innenverspiegelte Glühlampen mit einem Preßglaskolben. Die Vereinigung von Glühlampe und Reflektor in der Art eines Kleinscheinwerfers, der wenig Platz benötigt, unauffällig montiert werden kann und auch unempfindlich gegen Witterungseinflüsse ist, wird immer häufiger verwendet. Die Bündelung des Lichtes beträgt etwa $2 \times 8,5^\circ$, womit man ein ausgesprochen „gezieltes“ Licht erreichen kann (Abb. 1). Wegen der Wetterfestigkeit der Lampe genügt als Leuchte im allgemeinen eine entsprechend



Abb. 2. Schwenkbare, feuchtigkeitsichere Fassung mit Preßglas-Reflektorlampe

abgedichtete Fassung. Auch beim Hochstrahlbrunnen wurden dort, wo die Lampen unmittelbar den Witterungseinflüssen und dem Spritzwasser ausgesetzt sind, einfache Leuchten verwendet, die schwenkbar sind und

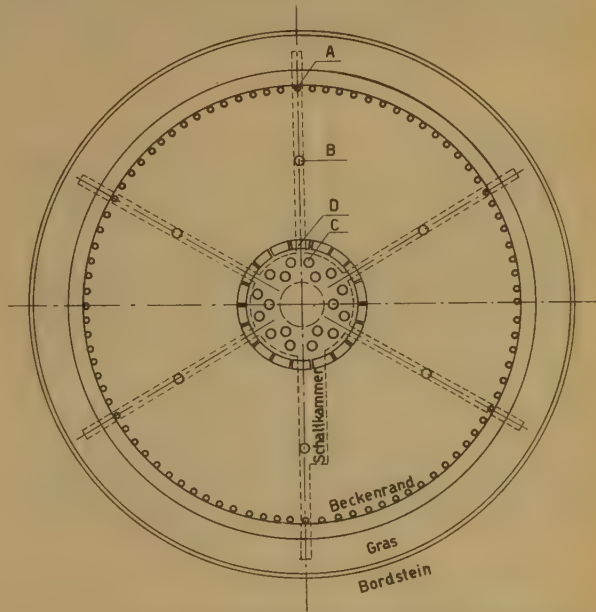


Abb. 3. Prinzipskizze über die Lampenaufteilung

- A Randstrahler 90 Glühlampen je 60 W, schwenkbare wasserdichte Leuchten am Wasserleitungsrohr angeschellt
- B 6 „Königsschlösser“ bestückt mit je 26 Preßglas-Reflektorlampen „Attralux-Spot“ 150 W mit vorgesetzten Farbfiltern: 4 weiße, 4 gelbe, 7 blaue, 6 grüne, 5 rote
- C 18 Innenstrahler bestückt mit je 36 Preßglas-Reflektorlampen „Attralux-Spot“ 150 W mit vorgesetzten Farbfiltern: 6 weiße, 6 gelbe, 10 blaue, 7 grüne, 7 rote
- D 18 Innenrandsegmente bestückt mit je 40 Preßglas-Reflektorlampen „Attralux-Spot“ 150 W mit vorgesetzten Farbfiltern: 6 weiße, 7 gelbe, 10 blaue, 9 grüne, 8 rote

Ansicht auf die Lampen-Montageebene der Innenrandsegmente:

oooooooooooo . . . 10 × blau
oooooooooooo . . . 9 × grün
oooooooooooo . . . 8 × rot
oooooooooooo . . . 7 × gelb
oooooooooooo . . . 6 × weiß

Anzahl der montierten „Attralux-Spot“ 150 W:
Königsschlösser 6 × 26 = 156 Stück
Innenstrahler 18 × 36 = 648 Stück
Innensegmente 18 × 40 = 720 Stück
insgesamt 1 524 Stück

Installierte Lampenleistung:
1 524 Attralux-Spot 150 W 228,6 kW
90 Glühlampen 60 W 5,4 kW
insgesamt 234,0 kW



Abb. 4. Montage der Lampen in der Brunnenstube



Abb. 5. Montage der Innenrandsegmente



Abb. 6. Zentraler Kommandostand in der Brunnenstube

eine Silikongummidichtung zwischen Lampe und Leuchtkörper besitzen (Abb. 2).

Insgesamt werden 1524 Preßglas-Reflektorlampen „Spot“, 150 W, verwendet. Davon sind 804 Stück in

der Brunnenstube unterhalb des Bassins montiert, die restlichen 720 Stück hingegen auf besonderen Aluminiumgestellen, die am Innenrand des durch Felsgestein umrandeten Hauptbeckens vorgesehen wurden (Abb. 3). Die Aluminiumgestelle sind rechteckig, wobei auf den insgesamt 18 Gestellen jeweils 40 Preßglaslampen „Spot“ 150 W installiert sind.

Die in der Brunnenstube montierten Lampengruppen sind konzentrisch um die Hauptstrahlen des sogenannten „Kaiserschlosses“ angeordnet und gewährleisten eine gute Ausleuchtung der unteren Strahlbereiche. Die zweite Gruppe dient vorwiegend zur Beleuchtung der oberen Strahlhälften und zur Allgemein-aufhellung der Hauptfontäne.

Auch die neue Beleuchtungsanlage des Hochstrahlbrunnens sieht eine färbige Ausleuchtung vor, wobei die Farbeffekte durch Vorschalten von Filtern vor den Lichtquellen erreicht werden. Mit Rücksicht auf die Farbtemperatur der Glühlampen, bzw. des physiologischen Eindrucks für die Farbe blau wurde für diese Farbe die jeweils größte Lampenanzahl gewählt, dann folgt grün, rot, gelb und weiß.

Über die Preßglaslampen sind zylindrische, topfförmige Metallgehäuse gestülpt, deren oberer Abschlußring die zwischen zwei grobmaschigen Drahtgittern eingespannten Farbfolien hält.

Für die achsenzentrale Ausleuchtung der Hauptstrahlgruppe sind im Bassin 18 mit Glas abgedeckte Lichtschächte vorgesehen. Unter jedem Schacht sind jeweils 36 Preßglaslampen auf scheibenförmigen, gelochten Metallplatten montiert, wobei auch über diese Lampen „Filtertöpfe“ gestülpt sind (6 weiß-, 6 gelb-, 10 blau-, 7 grün- und 7 rotstrahlende Lampen.) Jede unter einem Lichtschacht befindliche Lampengruppe ist in der Höhe verstellbar, so daß ein Lampenaustausch leicht möglich ist (Abb. 4).

In der gleichen Art sind unter den „Königsschlössern“ Lampeneinheiten vorgesehen, jedoch pro Lichtschacht nur 26 Stück, wovon 4 weiß-, 4 gelb-, 7 blau-, 6 grün- und 5 rotstrahlend sind.

Von den 40 Strahlern pro Segment, die über Wasser angeordnet sind (Abb. 5), sind jeweils 6 weiß-, 7 gelb-, 10 blau-, 9 grün- und 8 rotstrahlende Lampen.

Für die Beleuchtung der Randstrahlen dienen 90 Stück 60 W-Glühlampen in wasserdichten Leuchten am Beckenrand. Der Gesamtanschlußwert beträgt somit für den Hochstrahlbrunnen 124 Stück 150 W-Lampen mit 228,6 kW und 90 Stück 60 W-Lampen mit 5,4 kW — als insgesamt 234 kW.

Für die Realisierung des wechselnden Farbspiels wird selbstverständlich jeweils nur eine Lampengruppe eingeschaltet. Eine spezielle Schalt- und Steuerungsanlage, die in der Brunnenstube untergebracht ist, sorgt für die Anschaltung der Pumpen und der Beleuchtungsanlage an der Niederspannungsseite des ebenfalls in der Brunnenstube vorgesehenen Hochspannungstrafos. Die Schalttafel ist sechsteilig und enthält alle Sicherungs- und Schaltelemente für die Pumpen-, Lüftungs- und Beleuchtungsanlage. Die Preßglaslampen sind in Schaltgruppen zusammengefaßt und werden über eine Schaltuhr und andere Schaltelemente eingeschaltet. Auch der Farbwechsel erfolgt nach einem vorgegebenen Programm automatisch. Ein Leuchtschaltbild über dem Mittelteil der Schalttafel mit den Schaltasten läßt eine

Kontrolle des Schaltzustandes aller Innen- und Außenlampengruppen zu, so daß auch trotz der Automatisierung der Anlage eine zentrale Kontrolle möglich ist. Am linken Schaltpult sind Anzeigergeräte vorgesehen, die in die Stromkreise der verschiedenen Schaltgruppen eingebaut sind und über Wählschalter den Ausfall von Lampen anzeigen können, so daß schadhafte Lampen rasch gefunden werden können. Die Abb. 6 zeigt eine Teilansicht des Schaltpultes.

Es ist verständlich, daß auch Stromsperrungen vorgesehen wurden, die bei Ausfall wichtiger Apparate die Einschaltung von Lampen sperrt. So muß z. B. ein großer Teil der Zu- und Abluftaggregate für die Brunnenstube in Betrieb sein, bevor die Beleuchtungsanlage eingeschaltet werden kann. Auch die Bespülung der Glasabdeckung jedes Lichtschalters muß wegen der Kühlung in Funktion sein, um ein Zerspringen des Glases zu vermeiden.



Abb. 7. Gesamtansicht

Zeitschriftenschau

Internationale Lichtrundschau, 1959, Nr. 3

UNESCO-Gebäude in Paris. Von BERNARD H. ZEHRFUSS.

Plenarsaal für 1000 Personen, Beleuchtung 32 gegen die Decke gerichteter Glühlampenscheinwerfer 750 bis 1500 W, Beleuchtungsstärke 10 bis 20 lx, auf den Pulten der Sitze kleine Leuchtstofflampen 4 W ergeben 130 lx; Saal des Exekutivrates 340 m², beleuchtet mit 82 Leuchten je einer 100 W-Glühlampe, 330 lm/m², 150 lx. Die Ausschußzimmer sind von verschiedenen Ländern eingerichtet und weisen Beleuchtungsstärken von 600 bis 1000 lx auf. Die Bibliothek hat eine Allgemeinbeleuchtung mit Glühlampen, 240 lm/m², 80 bis 120 lx, die Buchstellagen Zusatzbeleuchtung mit Leuchtstofflampen; die 650 Büroräume haben größtenteils 4 Leuchtstofflampen zu 40 W, 600 lm/m², 160 lx auf der Arbeitsfläche; Gesamtanschluß 2200 kVA, davon 60% für Beleuchtung.

Technische Einrichtungen der Kongreßhalle in Berlin. Von R. SIKORSKI.

Am Rande des Tiergartens von den Vereinigten Staaten als Beitrag zur Internationalen Bauausstellung 1957 erbaut.

Der große Saal mit 1040 m² für 1250 Personen, mit 118 Glühlampen 300 bis 500 W in Alu-Reflektoren und 152 Leuchtstofflampen 40 W in Vouten beleuchtet. 1400 lm/m², 250 lx. Verstärkung über dem Podium auf 600 lx. Zwei Konferenzsäle für 100 und 300 Personen, installierter Lichtstrom 1270 lm/m², 300 bis 600 lx, weiters ein Studiotheater für 500 Personen, Restaurant, Bar, 5-Sprachen-Simultan-Dolmetschereinrichtung. Gesamtanschluß 1200 kVA, davon 500 kVA für Licht.

Das Gebäude des Gewerkschaftskongresses in London. Von DAVID DU E. ABERDEEN.

Die Kongreßhalle erhält durch 172 sechseckige, doppelt verglaste Felder Tageslicht. Unter jedem Feld ist eine Trübgasleuchte mit einer 100 W-Glühlampe. An der Vorder- und Rückwand außerdem Glühlampen-Vouten. Elektrische Leitung in der Stahlkonstruktion der Decke. Lichtstromverlust durch die Decke nach oben berücksichtigt. Beleuchtungsstärke 120 lx. Decke kann durch Vorhänge verdunkelt werden.

Aula Magna der Ciudad Universitaria Caracas in Venezuela.

Kurze Beschreibung des 1954 in Benützung genommenen Kongreßsaales für 3000 Personen.

Kongreßgebäude in Neu-Delhi und in Bangkok.

Zeigt je ein Bild des großen Saales im Neu-Delhi-UNESCO-Gebäude und im Hauptsitzungsgebäude in Bangkok.

Zentralheim des Syndikatsverbandes in Belgrad. Von ST. MILISAVLEVIC.

Beschreibung der elektroakustischen Anlage für den großen, 2000 Personen fassenden Saal.

Hauptquartier der Vereinten Nationen in New York.

Besteht aus dem Sekretariatsgebäude mit 39 Stockwerken, dem Gebäude der Versammlungsräume und dem Palais der Generalversammlung. Das Beleuchtungsniveau für Büroräume ist mit 350 lx, für die Säle der öffentlichen Versammlungen, wegen Wochenschau- und Fernsehaufnahmen, mit 1500 lx festgelegt. In der Kuppel des Plenarsaales sind 4 konzentrische Ringe mit 16, 32, 58 und 48 Scheinwerferlampen von 100, 200 und 750 W. Die Beleuchtung kann geregelt werden. Die Säle des Wirtschafts-, Sozial- und Sicherheitsrates sind von verschiedenen Ländern eingerichtet. Beleuchtung mit Glüh- und Leuchtstofflampen.

Die Aalborghalle in Dänemark. Von M. VOLTELEN.

Ist ein Gebäudekomplex von 160 m Länge und 8000 m² verbauter Fläche. Als Kulturzentrum für Versammlungen, Theateraufführungen und Konzerte geplant. Das große Auditorium ist 72 m lang, 32 m breit und 14 m hoch, es faßt bis zu 3400 Personen. Weiters ist ein Kammerorchester- und Theatersaal für 270 Personen eingerichtet. Dann sind noch 3 Säle mit 120, 180 und 250 und 4 Sitzungszimmer mit 20 bis 150 Plätzen vorgesehen. Ein komfortables Restaurant, Räume für Billard, Tischtennis, Kegelbahnen, Schießständen u. dgl. ergeben unbegrenzte Verwendungsmöglichkeiten. Die Beleuchtung ist den Zwecken durch Beweglichkeit angepaßt. Verwendung von Leuchtstofflampen wurde grundsätzlich vermieden. Bei Veranstaltungen im Gebäude wirft ein

Scheinwerfer mit einer Hg-Höchstdrucklampe eine Lichtsäule gegen die Wolken.

Palast des Internationalen Festivals in Cannes. Von A. ANGIER.

Beide Seitenwände des großen Saales sind in je 185 Quadrate aus Stuck aufgelöst, welche in der Mitte in einer Stuckrosette je eine 25 W-Glühlampe haben. Unter der Rosette liegen 4 Glühlampen 40 W mit blauem, rotem, grünem und gelbem Reflektor, die, wechselweise geschaltet, ein Farbspiel ergeben. An der Decke sind 375 Glühlampen 75 W in einer Voute, und die Balkonkanten tragen 150 Glühlampen zu 25 W. Beleuchtungsstärke 10 lx.

Simultandolmetscheranlage. Von A. WANINK, Eindhoven.

Beschreibung der Anlage im kleinen Kongreßsaal der Philipsfabriken in Eindhoven. Fassungsraum 160 Personen.

Royal Festival Hall in London.

Die Halle faßt 3000 Personen und wird mit Hochspannungsleuchtstoffröhren in Vouten und 150 W-Glühlampen in der Decke des Raumes beleuchtet. Beleuchtung 150 lx, auf dem Podium 600 lx.

Das Falkoner Zentrum in Kopenhagen. Von OLE HAGEN.

Ist die Kombination eines Hotels mit 400 Betten, eines Theatersaales für 2200, eines Kinosaaes für 1000 Personen, eines großen Restaurants, straßenseitigen Kaufläden und einer Garage für 150 Autos. Alle Säle sind für Kongresse verwendbar. Beleuchtung durchschnittlich 100 lx.

Kongreßpalast in Brüssel. Von J. BERRY. Die Beleuchtung des großen Saales für 1400 Personen erfolgt aus 88 Lichtkästen mit je 4 Leuchtstofflampen 40 W. Über dem Podium sind 82 Glühlampen zu 200 W. Außerdem Beschreibung der elektroakustischen Anlage.

Rhein-Main-Halle in Wiesbaden. Von Dr. H. ROSSKOTTEN.

Die Halle kann 4000 Personen aufnehmen und ist für Kongresse, Theater-, Filmvorführungen und Konzerte geeignet. Einrichtungen für Sportveranstaltungen, Eisrevuen u. dgl. sind vorhanden. Die Beleuchtung ist in den Sheds des Daches untergebracht und besteht aus fünfzehigen Leuchtbandern von Leuchtstofflampen zu 40 W. Installierter Lichtstrom 1240 lm/m², etwa 250 lx.

Dr. FINK

Die IX. Fachtagung der Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft in Salzburg

Die IX. Fachtagung der LTAG findet am 27. und 28. Mai 1960 in Salzburg statt. Neben der Vorfreude, wieder einmal einige Tage in der schönen Festspielstadt verleben zu können, erwartet die Teilnehmer der Tagung eine ausführliche Besichtigung des vor der Eröffnung stehenden neuen Festspielhauses und ein nächtlicher Stadtrundgang unter fachgemäßer Führung zu interessanten Stellen der öffentlichen Beleuchtung und zu den angeleuchteten Baudenkmälern.

Aber nicht nur durch den Rahmen — das zauberhaft schöne Salzburg — wird diese Tagung bemerkenswert sein, sondern auch durch ein reichhaltiges, technisch interessantes Programm, welches sich in vier Vortragsgruppen, und zwar 1. allgemeine Lichttechnik, 2. Beleuchtungsanlagen, 3. Verkehrsbeleuchtung und 4. Beleuchtungsplanung gliedert.

Die Tagung findet im großen Vortragssaal der Salzburger Arbeiterkammer statt und beginnt am Freitag, dem 27. Mai 1960, mit der Eröffnung um 8.30 Uhr und mit den Vorträgen um 9.15 Uhr.

Für den ersten Tag sind folgende Referate vorgesehen:

Dr. BRUCKMÜLLER: Beleuchtungsprobleme mit Gasentladungslampen.

Dr. DEIMEL: Anwendung von Quecksilberdampf-Hochdrucklampen.

Ing. LUGER: Einfluß der Beleuchtung auf die Arbeitsleistung.

Ing. MATOUSH: Lichttechnik im graphischen Betrieb.

Ing. SCHUBERT: Interessante Beleuchtungsanlagen in Niederösterreich.

Dipl.-Ing. PAUL: Die Beleuchtungsanlage der Wiener Börse.

Direktionsrat Dipl.-Ing. BRINDA: Beleuchtungsfragen bei den Österreichischen Bundesbahnen, Rückblick und Vorschau.

Dipl.-Ing. RUZICKA: Das neue Festspielhaus in Salzburg.

Ing. LANG: Die Beleuchtungsanlage des neuen Festspielhauses in Salzburg.

Oberbaurat Dipl.-Ing. FISCHER: Anleuchtung der Salzburger Baudenkmäler.

Am Samstag, dem 29. Mai 1960, sind folgende Themen im Programm:

Dipl.-Ing. KURZWEIL: Sehen in der Dämmerung.

Ing. PROCHAZKA: Straßenbeleuchtung (Forschungsarbeiten über Lichtfarbe).

Ing. TOMEK: Tunnelbeleuchtung.

Ing. LANG: Die Beleuchtungsanlage des Straßentunnels in Kapfenberg.

BORCKENICKY: Planung und Ausführung der Straßenbeleuchtung in der Praxis.

Ing. JACOBS: Moderne Hilfsmittel zur Projektierung von Innenbeleuchtungsanlagen.

Dipl.-Architekt KRÄUTER: Moderne Wohnraumbeleuchtung.

Ing. LÄNDERTSHAMMER: Aluminium in der Beleuchtungstechnik.

Für den persönlichen Kontakt der Tagungsteilnehmer wird wieder der Festabend reichliche Gelegenheit geben. Er findet am Samstag Abend im Marmorsaal des Hotel Pitter statt.

Zum Abschluß der Fachtagung wird die traditionelle Autofahrt die Teilnehmer zum Kraftwerk Schwarzach-St. Veit bringen. Nach dessen Besichtigung und der Mittagspause ist die Weiterfahrt nach Zell am See geplant.

Dr. Fk.

Mit 5 Textabbildungen

beleuchtung auf ein Sechstel reduziert und gegen die Tunnelenden etwas abgesenkt, um einen Übergang zu der schwächeren Beleuchtung des Tunnelvorfeldes zu erreichen (Abb. 2).

Bei Tage werden die erwähnten zweilampigen, über der Mitte der Fahrspuren angebrachten Lichtbänder der Durchfahrtsbeleuchtung in den Einfahrten zu vierlambi-

gigkeit definiert wird, die zugehörige Anpassungskurve ermittelt und darnach die Einfahrtsbeleuchtung ausgelegt. Bei extremen Außenbeleuchtungsstärken erreicht die voll-eingeschaltete Kunstlichtbeleuchtung ihren Höchstwert bei etwa 1 800 Lx und sinkt dann in mehreren Stufen in Anlehnung an die Adaptationskurve nach etwa 90 m auf das Niveau der Durchfahrtsbeleuchtung von etwa 65 Lx

ab. Da der Kunstlichtaufwand jeweils nur dem für die Hell-Dunkeladaption erforderlichen Wert angenähert wird, konnte ein Höchstmaß an Wirtschaftlichkeit erzielt werden. Je nach der herrschenden Außenhelligkeit wird die Einfahrtsbeleuchtung durch Selenzellen (Abb. 3) selbsttätig in drei Stufen von etwa 1 800 Lx, 1 000 Lx und 600 Lx geregelt. Jedes Portal wird für sich geschaltet, weil sowohl wegen der geographischen Lage des Tunnels als auch wegen der bei wechselhaftem Wetter auftretenden Lichtstärkeschwankungen von der West- bzw. Osteinfahrt häufig unterschiedliche Beleuchtungsstärken verzeichnet wurden. Die dreistufige Schaltmöglichkeit sowie die getrennte Steuerung der Einfahrtsbeleuchtungen hat insbesondere während der lichtschwachen Wintermonate zu einer Senkung der Stromkosten beigetragen. Der durchschnittliche Stromverbrauch lag während des vergangenen Winters um rund 50% unter jenem der Sommermonate. Im allgemeinen konnte beobachtet werden, daß die Beleuchtungsanlage der auf der Donauseite etwas tiefer gelegenen Westeinfahrt bedeutend kürzer in Betrieb war wie diejenige der Osteinfahrt (Abb. 4).

Neben der Schaffung von guten Sichtverhältnissen durch eine günstige Leuchtdichtenverteilung und zweckmäßige Farbgebung war man bemüht, auch mit Hilfe von akustischen Maßnahmen in fahrpsychologischer Hinsicht das Gefühl einer Beengtheit beim Befahren des Tunnels weitgehend auszuschalten. Die bereits beschriebene Zwischendecke, die den Fahrraum von den Frisch- und Abluftkanälen der Belüftungsanlage trennt und gleichzeitig der Aufnahme der Leuchten dient, wurde an ihrer Unterseite schalldämmend ausgeführt. Hierzu verlegte man an der Untersicht der Decke Stahlbetonplatten, deren Flächen etwa 10% durchlöchert sind. Dahinter sind Schallschluckkörper angebracht, deren Resonator-

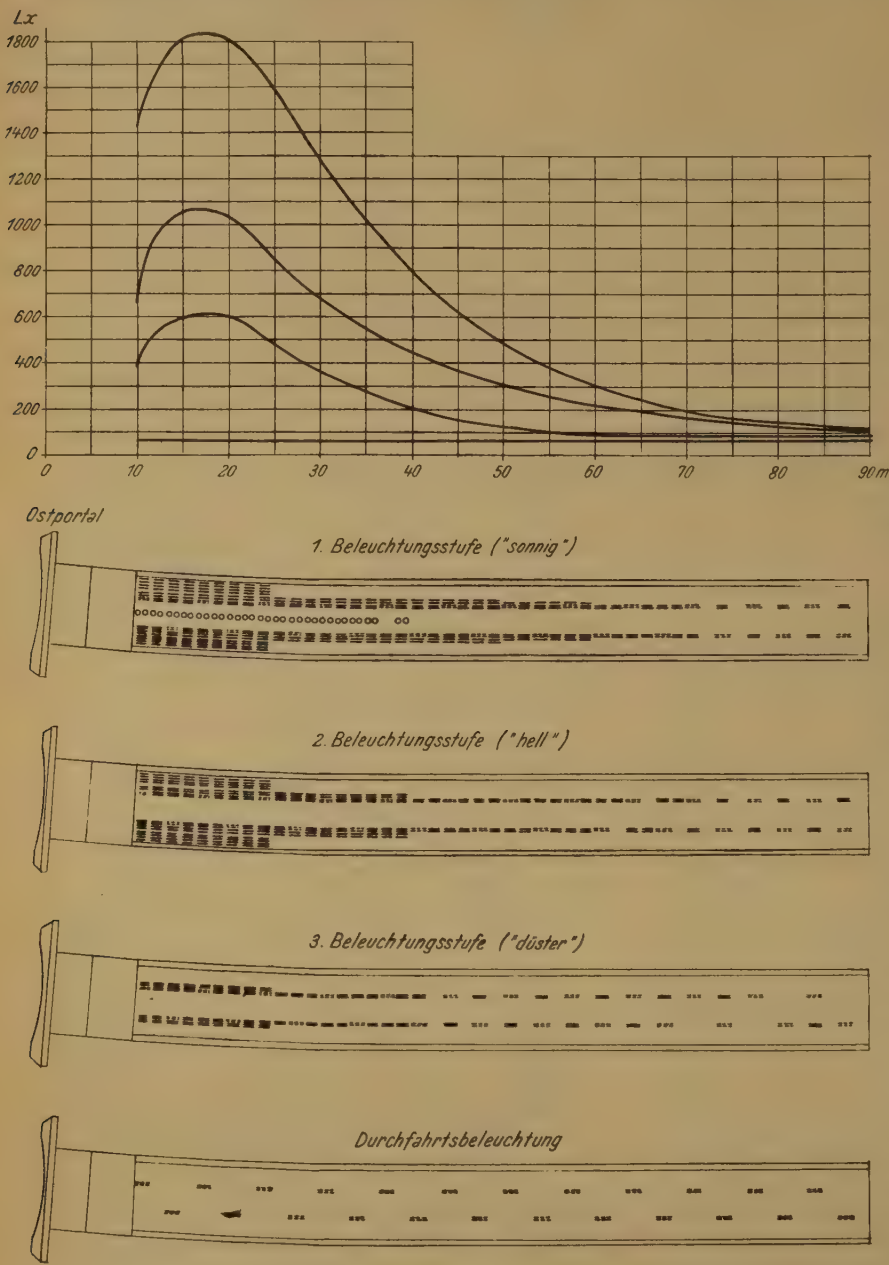


Abb. 2. Einfahrtsbeleuchtung „Ost“
(Meßkurven ohne Tageslichteinfall)

gen Einheiten verdichtet und durch zwei weitere vierlampige Reihen von Leuchtstofflampen sowie eine Reihe von 250-W-Quecksilber-Hochdrucklampen im Scheitel zur sogenannten Einfahrtsbeleuchtung verstärkt (Abb. 2). Gemäß dem derzeitigen Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Adaptationsfähigkeit des menschlichen Auges wurde, unter Berücksichtigung der Adaptationszeit, welche durch maximale Einfahrtsgeschwin-

elemente auf 100 Hz, 200 Hz bzw. 300 Hz abgestimmt sind. Der durch die Kraftfahrzeuge entwickelte Geräuschpegel wird damit gesenkt und die Nachhallzeit verkürzt.

Die perforierte Deckenuntersicht enthält außerdem in Abständen von 5 m Zu- und Abluftöffnungen von



Abb. 3. Regelung durch Selenzellen

beachtlichen Ausmaßen. Im Falle einer lichten Farbgebung wäre bei Anstrahlung der Decke unter einem flachen Winkel eine Vielzahl von Licht- und Schattenstellen entstanden, welche durch Aufhellungen um die Leuchten noch vermehrt worden wären. Da durch den versenkten Einbau der Leuchten in die Decke und die dadurch bedingte Strahlungsrichtung der Lampen der Reflexionsanteil der Decke auf ein Minimum sank, wurde die dem Fahrraum zugekehrte Seite der Zwischendecke dunkel, u. zw. mitternachtsblau, gestaltet. So konnte nicht nur der ansonsten unruhige Charakter der Decke beseitigt, sondern auch die in Straßentunnel oft problematische Deckenreinigung erübrigt werden. Die dunkle Farbgebung läßt die Fahrröhre außerdem höher erscheinen, wodurch der visuelle Eindruck des Tunnels positiv beeinflußt wird.

Die mitternachtsblaue Decke, die von betonfarbenen Rippen getragen wird, ist über einen rostbraunen Begrenzungsstreifen mit den hellgrauen Tunnelwänden verbunden. Die Tunnelwände wurden mit diffus reflektierenden Spaltklinkerplatten verkleidet ($\rho = 0,64$) und durch einen schwarzen Sockel von dem hellen Betonband der Bedienungsstege bzw. der Straßendecke unterschieden. Die sorgfältige Farbabstimmung bewirkt einen freundlichen Gesamteindruck, welcher durch den Farbton der Kunstlichtbeleuchtung weiter unterstrichen wird. Der Lichtstrom der farbkorrigierten Quecksilberdampf-

lampen, vermischt mit dem „Weiß“ der Leuchtstofflampen, paßt sich außerdem gut dem natürlichen Farbton des Tageslichtes an.

Um der hohen Verschmutzungsgefahr und der bedeutenden Lichtstromabnahme der Lampen bei tiefen Außentemperaturen vorzubeugen, wurden die Leuchten staub- und wasserdicht ausgeführt. Die zur Verbesserung der Gleichmäßigkeit erforderliche Breitenwirkung wird durch verspiegelte Reflektoren erzeugt, welche eine Lichtverteilung nach der vierten Potenz des Abstrahlungswinkels ergeben. Die Lampen werden mit starterlosen Vorschaltgeräten betrieben. Die Leuchten stellen eine Kombination zwischen einer transportablen und einer Einbauleuchte dar und sind über Stecker angeschlossen. Sie sind von oben, also von der begehbaren Zwischendecke aus, zugänglich und können jederzeit ohne Verkehrsbehinderung oder Gefährdung durch den Straßenverkehr gewartet bzw. gereinigt werden. Die Leuchten ruhen auf Winkeleisenrahmen und lassen sich seitlich hochschwenken. Im Bedarfsfalle ist es möglich, sie zur Gänze aus ihren Öffnungen herauszuheben und über die Zwischendecke in das nahegelegene Betriebsgebäude zu bringen. Da alle laufenden Wartungsarbeiten in der normalen Arbeitszeit des Tunnelpersonals durchgeführt werden können und der Betrieb der im Tunnel vorgesehenen elektrischen Einrichtungen vollautomatisiert wurde, kann mit einem minimalen Personalaufwand von nur zwei Mann der Tunnelbetrieb reibungslos abgewickelt werden.

Während die selbsttätige Steuerung einer Tunnelbeleuchtung durch Verwendung von Selenzellen oder anderen Schaltorganen relativ einfach zu bewerkstelligen ist, bereitet der automatische Betrieb einer Tunnelbelüftung mangels verlässlicher Schaltelemente größere Schwierigkeiten. Soweit bekannt, werden die Belüftungsanlagen aller bestehenden Straßentunnel von Hand aus geschaltet. Das bedingt eine ständige Anwesenheit von mindestens einer Bedienungsperson. Im Interesse einer rationellen Betriebsführung wurde daher im Dürnsteyntunnel versucht, die Steuerung der Ventilator-Antriebs-

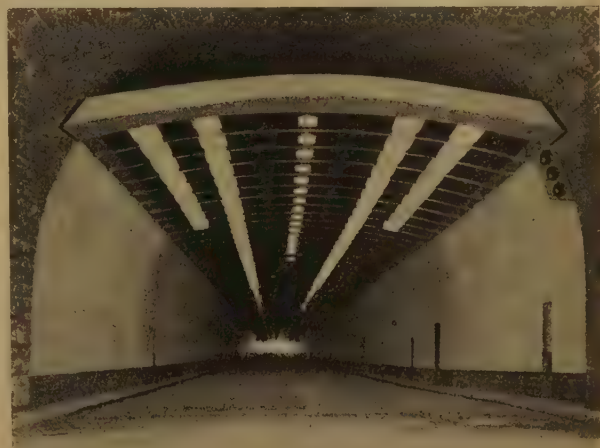


Abb. 4. Beleuchtungsanlage in Betrieb

motore in Abhängigkeit vom Co-Gehalt der Tunnelluft und der jeweiligen Tunnelfüllung selbsttätig vorzunehmen.

Die elektrischen Anlagen werden über eine Trafo-

station, welche in einem Betriebsgebäude nahe dem Ostportal untergebracht ist, vom Hochspannungsnetz der Newag mit elektrischer Energie versorgt. Für die Stromversorgung stehen zwei Umspanner von je 70 kVA und 160 kVA zur Verfügung. Sollte der ersterwähnte, für die Beleuchtung vorgesehene Transformator ausfallen, dann wird über einen Kuppelschalter die für die Aufrechterhaltung des Verkehrs notwendige Beleuchtungsanlage über den zweiten, für die Belüftungsanlage vorhandenen Transformator betrieben. Wegen der günstigen Verkehrssituation und der geringen Tunnellänge verzichtete man auf den Einbau einer Notbeleuchtungsanlage. Es wurde jedoch Vorsorge getroffen, daß bei Netzausfall der Tunnel automatisch gesperrt und der Verkehr über die alte Bundesstraße durch die Stadt Dürnstein umgeleitet wird.

Die Betriebszustände und Meßwerte sämtlicher im Tunnel eingebauten Anlagen werden in die im Betriebsgebäude befindliche Schaltwarte gemeldet (Abb. 5). Der Schaltzustand der Beleuchtungs- und der Belüftungsanlage wird in je einem Leuchttabelleau angezeigt. Darüber hinaus wurden im Auftrage des B. M. f. H. u. W.

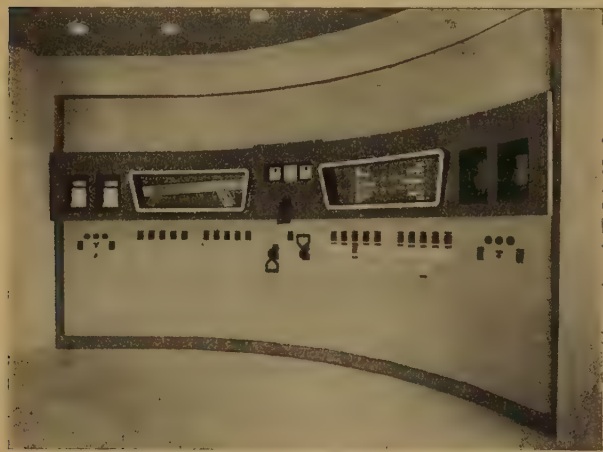


Abb. 5. Schaltwarte im Betriebsgebäude

Meßgeräte der verschiedensten Art zur Auswertung für kommende Tunnelbauten sowie für Forschungszwecke vorgesehen (Stromschreiber für die Überwachung der einzelnen Stufen der Tunnelbeleuchtung und der Ventilatoren für die Belüftungsanlage, Spannungsschreiber, Messung des Co-Gehaltes, der Lufttrübung, Verkehrsfrequenz, Tunnelfüllung, Globalstrahlung, Tageslichtstärken; Innen-, Außen-, Frischluft-, Abluft-, Boden- und Wandtemperaturen, Windgeschwindigkeit und Windrichtung innerhalb und außerhalb des Tunnels, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit usw.). Die Meßwerte werden auf Schreibgeräten laufend registriert.

Zur Steuerung des Fahrzeugstromes und Verbesserung der Verkehrssicherheit wurden die nachstehend angeführten Sicherheitseinrichtungen vorgesehen:

Eine *Verkehrssignalanlage*, deren dreifarbigte Ampeln außerhalb des Fahrtraumes knapp unterhalb der Zwischendecke angebracht sind. Auf Grund von praktischen Betriebserfahrungen wurde die Anlage in vier Abschnitte von je etwa 110 bis 120 m unterteilt. Hiedurch ist es bei Unfällen, Reinigungs- oder Reparaturarbeiten möglich, in einzelnen Abschnitten Gelbblink- oder Einbahnbetrieb durchzuführen. Nach Bedarf kann der Regel-

bereich über einzelne oder mehrere Sektoren oder über die ganze Tunnellänge erstreckt werden. Die Verkehrsregelung kann automatisch oder von Hand aus von der Tunnelmitte, von beiden Tunnelportalen bzw. vom Betriebsgebäude erfolgen.

In den gleichen Nischen, in welchen die erwähnten Steuergeräte für die Verkehrssignalanlage untergebracht sind, wurden auch *Fernsprechapparate* montiert. Es sind dies Kurbelinduktorengeräte, welche ohne Batterien betrieben und daher wartungsfrei sind. Die Telefonrufen im Normalfalle im Betriebsgebäude, bei nicht-besetzter Schaltwarte beim Gendarmerieposten in Dürnstein.

Wegen der einfachen Handhabung im Katastrophenfalle, wurde insbesondere für das internationale Reisepublikum eine *Notrufanlage* vorgesehen. Diese besteht aus Feuermeldetasten, die in Abständen von etwa 90 bis 120 m wechselseitig in Nischen im Tunnel untergebracht sind. Die Notrufe werden in gleicher Weise wie die Telefonrufe weitergeleitet. Für Löschzwecke sind Handfeuerlöscher und Wasseranschlüsse vorhanden.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß die elektrischen Einrichtungen des Dürnsteintunnels und insbesondere die Beleuchtungsanlage als wesentlicher Faktor für die Verkehrssicherheit aufgefaßt und ausgeführt wurden. Durch rechtzeitige Einschaltung bei der Planung konnten die Anlagen harmonisch in das Bauwerk eingefügt und in lichttechnischer Hinsicht einige wirtschaftliche Verbesserungen erzielt werden. Mit Befriedigung wird nach einjähriger Betriebszeit vermerkt, daß sich seit der Verkehrsfreigabe am 4. Juni 1959 innerhalb des Tunnelbereiches kein einziger Verkehrsunfall ereignet hat. Der Bauaufwand scheint somit seinen Zweck erfüllt zu haben.

Technische Daten

Tunnellänge	472,3 m
Lichte Breite	8,9 m
Fahrbahnbreite	7,5 m
Lichte Portalhöhe	6,8 m
Höhe über dem Fahrraum (bis zur Zwischendecke)	ca. 4,5 m
Lichtpunkthöhe	ca. 4,7 m
Kurvenradius vor dem Westportal . .	150 m
Lampenanzahl	870 St. Leuchtstofflampen 40 W, weiß
	68 St. Quecksilber-Hochdrucklamp. 250 W m. Leuchtstoffbelag

Einfahrtsbeleuchtung:

1. Stufe „sonnig“	1 850 Lx
2. Stufe „hell“	1 070 Lx
3. Stufe „düster“	610 Lx

Durchfahrtsbeleuchtung:

Mittlere Beleuchtungsstärke	$E_m = 65 \text{ Lx}$
Dunkel-Mittelgleichförmigkeit . .	$g_1 = 1 : 1,3$
Dunkel-Hellgleichförmigkeit . .	$g_2 = 1 : 1,5$
Nachtbeleuchtung	$\frac{1}{6}$ der Durchfahrtsbeleuchtung bei Tag

Erzeugter Lichtstrom je Meter Straßenlänge	1 680 Lm/lfm
Erzeugter Lichtstrom je Quadratmeter Straßenfläche	224 Lm/m ²

(Meßwerte nach halbjähriger Betriebszeit)

LICHT UND BELEUCHTUNG

Organ der Österreichischen Lichttechnischen Arbeitsgemeinschaft

8. Jahrgang (1960)

Nr. 4

Beilage zu ÖZE 13, 1960, Heft 12

Ton- und Lichtspiele im Oberen Belvedere

Von H. RUZICKA, Wien

Mit 4 Textabbildungen

I. Allgemeines

Jeder Ort, jedes Land hat sein eigenes, das Gemeinwesen kennzeichnende Aussehen, wobei die Baudenkmäler hiefür besonders bestimmend sind. Künstliches Licht kann nun am Abend die Schönheit und den kulturellen Wert von Baudenkmälern mehr als am Tage, während des hektischen Hastens unserer Jetztzeit, erleben lassen, wenn bei guter Anleuchtung wertvolles historisches Gut besonders betont wird und so auch abends die Seele des Gemeinwesens bewahrt bleibt.

Und dennoch sind diese statischen Anleuchtungen nur eine starre, stumme Darbietung und können keine Interpretation, keine Erklärung des Entstehens des Baudenkmals geben und auch nicht das historische Geschehen um ein solches aufzeigen.

Ton- und Lichtspiele (Spectacles Son et lumière),

die in den letzten Jahren von Frankreich ausgehend in vielen Ländern bereits mit Erfolg ausgeführt wurden, beleben nun unmittelbar solche historische Kulturwerte und bringen diese in zeitgemäßer Weise dem Beobachter lebendig nahe. Sie haben das Ziel, den geistigen Inhalt eines Baudenkmals durch neueste Mittel der Licht- und Tontechnik zum Ausdruck zu bringen.

Das kulturelle Erlebnis ist gesichert, wenn das Kunstwerk im Prinzip kurz interpretiert wird und geschichtlich wichtige Ereignisse oder ein hochwertiges Menschenschicksal in Verbindung mit ihm in einer fesselnden Szenerie dargestellt werden kann. Ton und Licht können hier einen gewaltigen Anreiz zum Nacherleben von Begebenheiten der Vergangenheit verleihen.

Die richtige Koordination von künstlerischen und technischen Elementen bringt dann das Kunstdenkmal fühlbar nahe.



Abb. 1. „Son et lumière“, Beleuchtung des Schlosses Belvedere



Abb. 2. Ausleuchtung der Fassade

Wohl bemessener Wechsel in Farbe, Intensität und Schattigkeit des Lichtes am Baudenkmal beeinflussen das Erlebnis der inneren Erregung, Spannung und Lösung; richtiger Rhythmus durch jeweils abgestimmtes Lichtniveau und räumlicher Fassung der Farben bestimmen die das ganze Ich umspannende Gefühlslage



Abb. 3. Tonanlage

des Menschen. Durch besondere Konzentration von Lichtbündel auf Teile oder Ausschnitte des Baudenkmales kann eine mit der Darstellung des Geschehens gewünschte Lenkung der Aufmerksamkeit eben auf diese Teile erreicht werden. Ähnlich wie die in ihrer Intensität wohl dosierten Lichteffekte muß selbstverständlich auch farbiges Licht sehr dezent verwendet werden, um nicht geschmacklos, kitschig zu wirken.

Dieses ständig wechselnde Lichtspiel, der Rhythmus

in der Szenerie, muß selbstverständlich in engster Verbindung und Abstimmung mit der akustischen Darstellung, dem Tonspiel sein, das durch Wort und Musik die Interpretation des Kunstdenkmales und das historische Geschehen um dieses wiedergibt.

Das von berühmten Autoren in kurzer, dynamischer, oft dramatischer Wort- und Musikdarstellung gefaßte Szenarium über Erklärung und Geschichte des Baudenkmales wird von Künstlern der Rethorik und Musik wiedergegeben und auf einem Tonband aufgenommen. Eine Tonorgel steuert die am Baudenkmal und dessen Umgebung angeordneten Lautsprecher, die in gerichteter Stereophonie wohl dosierte Effekte des Raumtones ergeben und dies bei genauer Abstimmung zu den vom Tonbuch verlangten räumlichen Verhältnissen der Szenerie.

Die suggestive Kraft dieser Ton- und Lichtspiele, wie ich diese an vielen Anlagen selbst erlebt habe, liegt aber zu einem Großteil in folgender Ausdrucksform.

Das Baudenkmal, beispielsweise ein Schloß, bleibt nicht Kulisse, sondern wird zu einem der Hauptakteure. Das gesprochene Wort der Darstellung von historischen Vorgängen ist in der Szene nicht personifiziert, nicht durch Schauspieler verkörpert. Und dies ist eben das Eigenartige der Licht- und Tonspiele: die Phantasie des Zuhörers muß die geschichtlichen Personen selbst schöpferisch in die sich dynamisch ändernde Szenerie hineinprojizieren. Ein Teil des sinnlich-geistigen Erlebnisses muß vom Beobachter selbst aktiv geleistet wer-

den; man kommt so dem angeborenen Spieltrieb des Menschen entgegen.

So gesehen, kann ein gutes Ton- und Lichtspiel im gewissen Sinne als eine neue Kunstform angesehen werden, worin Kunstdenkmäler, ihrem kulturellen Wert entsprechend, interpretiert und das historische Geschehen um sie herum durch neueste Mittel der Licht- und Tontechnik nachhaltig dem Besucher aufgezeigt werden.

II. Oberes Belvedere

Das Obere Belvedere, das für festliche Zwecke gebaute Schloß des Türkenbesiegers Prinz Eugen von Savoyen, ist die bedeutendste Barockschöpfung von Johann Lucas von Hildebrandt.

Es stellt in der großen Freiraumkomposition der Gesamtanlage den herrlichen österreichisch-barocken Schlußbau dar.

Die sieben Pavillons einheitlich zusammenfassende Riesenfassade gegen die untere Parkanlage verlangt im Rahmen der Licht- und Tonspiele eine besonders differenzierte und dennoch einheitliche künstliche Anstrahlung, damit sie der rein optischen Lösung der Architektur von Hildebrandt gerecht wird.

Die dynamische Anstrahlung bei wechselnder Hervorhebung der herrlichen Gliederung der Schauseite läßt diesen Barockbau in seiner Schönheit vielleicht besser erleben als am Tage.

Durch verschieden gerichtetes Licht kann man das eine Mal die starr durchlaufende Horizontale der Gesimse betonen, das andere Mal — durch höheres Beleuchtungsniveau des aus der Fläche hervortretenden zentralen Pavillons und der beiden außen begrenzenden Oktogontürme — die das Mittelmotiv spiegelnde Wiederholung am Ende der Flankengruppen besonders hervorheben.

Die differenzierte und doch zusammengefaßte Silhouette des Schlosses als Ganzes, aber auch die Vielschichtigkeit und der plastische Reichtum der Fassade läßt bei heller Hervorhebung aus dunkler Umgebung die Prächtigkeit dieses Bauwerkes äußerst wirkungsvoll unterstreichen.

Die vom Baukünstler in Wellenform bewegte Darbietung des Baukörpers kann durch rhythmisch ansteigende und abklingende Anstrahlung von rechts und links besonders eindrucksvoll empfunden werden.

Die Figuren und Trophäenbuketts, die harmonisch in die Balustrade beim Übergang von Fassade zum Dach eingegliedert sind, rufen bei jeweils doppelseitig einfallender Hinterleuchtung mit stark gebündeltem Licht einen flimmernden, spielerisch unwirklichen Eindruck hervor, der zu einer Effektsteigerung dient.

Angemessene Beleuchtung der streng gegliederten Dächer und orientalischen Zeltkuppeln schließt die Silhouette nach oben ab. Die teilweise Anleuchtung von Hecken, Rasenflächen, Stiegen, Spinxe und Springbrunnen gibt eine Bindung zur hochbarocken Gartenanlage.

Um nun dem Besucher auch die Schönheit des Gesamtbauwerks darzutun, wird er beim Eintritt durch den südseitig gelegenen Ehrenhof und Parkteil entlang dem Torpavillon und den Flügelbauten geführt, wobei diese Südschauseite des Schlosses statisch angeleuchtet wird. Diese Anstrahlung wird absichtlich nicht vollendet ausgeführt, um eine gewollte Steigerung der Wirkung an der Nordfront nicht zu mindern.

Dennoch kommt auch hier die überwältigende Schönheit des Schlosses, diese in Stein gestaltete Lebensfreude zur besonderen Wirkung, umso mehr als die Spiegelung im vorgelagerten Bassin diese unterstützt. Eine wohlabgestimmte Lichtlenkung läßt die zentrale, vorspringende Torhalle mit dem mächtigen Schaugiebel und die stark dekorative Häufung von vollplastischen

Details gegenüber dem übrigen Baukörper kontrastieren.

Der Besucher wird von der am Kustodentrakt diskret angefügten Gedenktafel an den Tondichter Anton Bruckner daran erinnert, daß dieser in dem Seitenflügel des Oberen Belvederes seinen Lebensabend beschloß.

Von der Terrasse nächst dem oberen Kaskadenteich, wohin der Besucher schließlich geführt wird, kann dieser nun das Ton- und Licht-Spiel verfolgen.

Die Prächtigkeit und Mächtigkeit des Barockschlosses kann durch die Vielfalt seiner Erscheinung bei der unterschiedlichen Beleuchtung erlebt und bei der dynamisch wechselnden Anstrahlung und Ausleuchtung die von der Stimme der Chronik erzählte Geschichte des

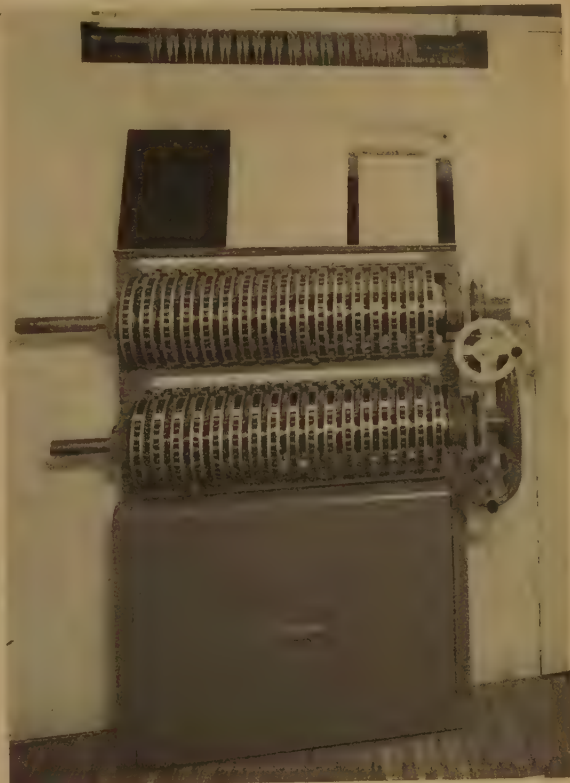


Abb. 4. Regelanlage für die Beleuchtung

Belvederes und von der Stimme des Kommentars gebrachte Deutung dieser Historie eindrucksvoll nachgelebt werden.

In gedrängter Form bringen uns Stimme um Stimme geschichtlicher Personen, Szenen des Geschehens ganz nahe, Bild um Bild — durch jeweils richtig angepaßte Beleuchtung stimmungsgemäß angeregt — ziehen an unserem geistigen Auge vorüber, Musik umrahmt und verbindet die Szenen:

Türkengefahr, Prinz Eugen von Savoyen, Schloßplanung von Hildebrandt, Festesfreude, Besuch Leibniz in Wien, Maria Theresia, Verlobung von Maria Antoinette, kaiserliche Gemäldegalerie, Revolutionsjahr 1848, Anton Bruckner, Erzherzog Franz Ferdinand und uns allen noch lebendig in Erinnerung der „Staatsvertrag 1955“ sind Marksteine, die mit dem Schloß lebendig verbunden werden.

So wird ein Zeuge hoher Baukunst im Rahmen würdiger Dichtung und Musik — dargebracht in letzter Technik von Ton und Licht — zum Mittelpunkt lebendiger Geschichte und dient dadurch der aktuellsten Fremdenverkehrswerbung.

III. Technische Beschreibung der Lichtanlage

Als *Lichtquellen* werden für An- und Ausleuchtung des Oberen Belvederes anlässlich der „Ton- und Licht“-Spiele ausschließlich Glühlampen verwendet, da bei diesen ein stetig verlaufendes, auch langsames Ein- und Ausschalten (Einziehen, Dimmen) wirtschaftlich möglich ist. Zur Erzeugung farbigen Lichtes werden nur bei wenigen Scheinwerfern Farbfilter verwendet, und zwar Blau- und Gelbfilter; ansonsten wird nur das ins Rötliche verlaufende Glühlampenlicht bei Spannungsabsenkung zur Farbtönung herangezogen.

Als *Leuchten* werden vorwiegend Scheinwerferleuchten bzw. innenverspiegelte Glühlampen in wasserdichten Fassungsgehäusen verwendet. Erstere sind Engbündelstrahler für 1 000 Watt Scheinwerferlampen, die je nach der Glasspiegelart, glatt bzw. facettiert, den Halbwertsbetrag der maximalen Lichtstärke bei etwa $2 \times 3^\circ$ bzw. $2 \times 7^\circ$ erreichen. Die innenverspiegelten Lampen sind Preßglaslampen 150 Watt in zwei Ausführungsarten, Type Spot mit $2 \times 8^\circ$ und Type Flood mit $2 \times 18^\circ$ Halbwertsbetrag. Diese werden in wasserdichten Fassungen verwendet und erhalten eine gute mechanische Schutzhülle, wobei letztere für einzelne aber auch für ganze Batterien von Lampen gemeinsam ausgeführt wurden und eine Verstellung der Hauptstrahlrichtung zulassen.

Die *örtliche Anordnung der Leuchten* geschieht vorwiegend in Gruppen; sie sind nur in einigen Fällen, z. B. entlang eines Weges, einzeln aufgestellt (siehe Übersichtsplan, Abb. 4). Für die dynamische Anleuchtung der Nordfassade des Schlosses sind vor allem drei Gruppen von je 14 Stück 1 000 Watt-Scheinwerferleuchten angeordnet. An den Orten A, B und C, wie diese aus dem Übersichtsplan zu erkennen sind, stehen je eine Leuchte auf einer Tragmaste, die je sieben Leuchten aufnimmt. Diese Masten selbst sind jenseits der den Park seitlich begrenzenden Mauern aufgestellt. Auf horizontalen, in der Höhe etwas verstellbaren Trägern (Portalen) sind senkrecht dazu auskragende, verschiedenen lange Träger montiert. Auf letzteren sind gleichfalls verschiebbar die Leuchten zu befestigen, und zwar derart, daß sie zueinander versetzt über der Mauer bzw. über der stehenden Hecke angeordnet werden konnten (siehe Abb. 2).

Weitere Leuchtengruppen mit 150 Watt Preßglaslampen stehen parallel zur Schloßschaueite vor der Hecke, die den Weg vor dem Schloß gegen die Parkanlage abschließt. Es sind dies vier Batterien, zwei zu 12 und zwei zu 8 Lampen, die knapp über der Grasnarbe in Schutzkörben untergebracht sind.

Die *Effektbeleuchtung* am Schlosse wird mit 32 Stück Preßglaslampen der „Flood“- und „Spot“-Type 150 Watt auf und unter den Balkonen erzielt. Weiters sind hinter der Balustrade am Dach gleichfalls 50 Stück solcher Engstrahler befestigt, welche die dort befindlichen Figuren und Trophäenbukette von seitlich hinten

anstrahlen und so deren Umrisse wirkungsvoll hervorheben. Schließlich sind am ostseitigen Dach noch zwei Stück 1 000 Watt-Lampen in Emailflutern zu einer bestimmten Effektbeleuchtung vorgesehen.

Die *Ausleuchtung* eines Großteils der Schloßräume ist für einzelne Szenen des Spieles notwendig. Der Marmorsaal wird mit 10 Stück Flutern zu je 500 Watt-Linealampen ausgeleuchtet. Bei den anderen Räumen wird die vorhandene Beleuchtung von etwa 60 kW Anschlußleistung über relaisgesteuerte Schalter betätigt, die parallel zu den vorhandenen Schaltern gelegt sind.

Für die *Ausleuchtung* des *Parkteiles* vor dem Schlosse sind 60 Einzelleuchten mit 150 Watt Preßglaslampen vorgesehen, welche die Hecken, die Stiegen und Sphinxen beleuchten; vier Unterwasserfluter mit 500 Watt Scheinwerferlampen strahlen die beiden Springbrunnen an.

Die *statische Anleuchtung* der Südseite des Schlosses erfolgt von je zwei Scheinwerferleuchten zu 1 000 Watt, die vor Dachluken des Kavaliers- bzw. Kustodentraktes angebracht sind, und einer Batterie von 30 Stück „Spot“-Spiegellampen zu je 150 Watt, die an der schloßseitigen Teicheinfassung steht. Am Dach hinter dem Wappen über der Torhalle sind ferner zwei Emailfluter zu je 1 000 Watt und auf den beiden west- und ostseitigen Terrassen zwischen den Ecktürmen sind zwei Stück 500 Watt Emailfluter zur Ausleuchtung angeordnet.

Für die *Wegbeleuchtung* werden bestehende Kandelaber und Wandarme sowie Spiegellampen zu 250 bzw. 500 Watt und 12 niedere Parkfluter herangezogen.

Die *Schaltung und Lichtstromregelung* erfolgt von einer Schaltkammer im Untergeschoß des Schlosses aus, von wo auch die Regelung der stereophonischen Tonwiedergabe des Szenariums über 10 Tonsäulen am Schlosse und in der Parkanlage stattfindet.

Die sogenannte Lichtorgel ist ein Regelwerk mit 32 Regelkreisen, in gleicher Weise ausgeführt wie sie in Theatern verwendet wird. Vor den Bordoni-Aggregaten befindet sich das Stellwerk und seitwärts die Schalttafel mit dem Generalschalter, den Schaltern der Hauptverteiler der regelbaren und nicht regelbaren Schaltkreise, den Sicherungen und die Endverschlüsse der ankommenden und abgehenden Kabeln.

Die Gesamtanlage, die Verteilungen, Beleuchtungseinrichtungen im Freien, im Schloßinnern und am Dache wurden entsprechend den geltenden Vorschriften für die Elektrotechnik ausgeführt.

Insgesamt beträgt die Anzahl der neu installierten Lichtstellen an die 300 Stück Leuchten und die Anschlußleistungen für die Außen- und Innenleuchten weist etwas über 150 kW auf.

Es wurde somit am 1. Mai 1960 die erste Anlage der „Ton- und Licht“-Spiele in Österreich, im Belvedere zu Wien, in Betrieb genommen, die das Entstehen und die Geschichte um dieses schöne Barockschloß mit den letzten Errungenschaften der Licht- und Ton-technik lebendig aufzeigen. Es ist zu hoffen, daß bald mehrere solcher Spiele folgen werden, um so dem Fremdenverkehr in Österreich neue Impulse zu geben.

IV. Internationaler Elektrowärmekongreß, Stresa, Mai 1959

Zwei weitere, durch österreichische Autoren dem IV. Internationalen Elektrowärmekongreß vorgelegte Berichte werden in diesem Heft im vollen Wortlaut gemeinsam mit den Referaten über die Sektionen III und IV veröffentlicht. Ein weiterer Originalbericht sowie die Referate der übrigen Sektionen folgen in den nächsten Heften.

Speicherbacköfen in gewerblichen Bäckereien

Statistische Untersuchungen verschiedener Ofenfabrikate

Von OSWALD NIKOLAUS, Wien

Mit 11 Textabbildungen

Das Backen von Brot gehört zu den ältesten Tätigkeiten des Menschen. Der Elektrizität blieb es vorbehalten, die Tätigkeit in einem modernen Elektrobackofen weitgehend zu vereinfachen und zu verbessern, daß das Backgut auch höchsten Qualitätsansprüchen gerecht wird. Österreich besitzt derzeit etwa 5000 gewerbliche Bäckereien, die zusammen mit rd. 30 Industriebetrieben die Bevölkerung mit Backwaren versorgen. Die gewerblichen Betriebe decken etwa 75% des Bedarfes der Bevölkerung Österreichs.

I. Die Formen der Backöfen

1. Lehmbackofen

Älteste Ofenform, bestehend aus einem steigenden Herd, der früher aus Lehm gestampft war, später dann auch mit Stein- oder Schamotteplatten ausgelegt war. Aufheizung des Ofens in der Regel mit Holz auf der Herdfläche selbst, in manchen Fällen durch eine in den Backraum reichende Gas- oder Ölflamme. Decke des Backofens aus flachem Ziegelgewölbe. Vor jedem Backvorgang ist die Entfernung des Feuers und die Reinigung der Backfläche erforderlich.

2. Mit Kohle direkt beheizter Backofen

Durch Einbau eines Rostes in einen Lehmbackofen entstanden. Backraum ist immer noch zugleich Feuerungsraum. Für die Bedienung des Ofens ist erheblicher Zeitaufwand erforderlich.

3. Dampfbackofen

Trennung des Feuerungsraumes vom Backraum. Wärmeübertragung durch Rohre, die unter den Bodenplatten und über der Decke des Herdes angeordnet sind. Die Enden der Rohre ragen in den Feuerungsraum. Die Rohre sind zum Teil mit Wasser gefüllt und der entstehende überhitzte Wasserdampf gibt Wärme an das Backgut ab. Saubererer Betrieb als bei den beiden ersten Ofenarten. Beheizung des Feuerungsraumes durch Holz, Kohle, Öl, Gas oder Elektrizität möglich.

4. Elektrobacköfen

a) Direkt beheizt, wenn der Strombezug während des Backvorganges erfolgt. Diese Beheizungsart ist sowohl für Einschließöfen als auch für Netzbandöfen in Verwendung. Der direkt beheizte Backofen besitzt keine besonderen wärmespeichernden Massen, ist aber gut gegen Wärmeverluste isoliert. Einfache Regelung der Temperatur, vielfach automatisch.

b) Speicherbacköfen. Unter den Bodenplatten und über der Decke jedes Herdes ist eine wärmespeichernde Masse angeordnet. Diese wird in der Regel von 22 bis 6 Uhr mit Nachtstrom aufgeheizt. Backmuffel aus Stahlblech, gasdicht verschweißt. Früher gemauerter Backofenaufbau, in den letzten Jahren Stahlbauausführung mit Emailblechverkleidung. Seit etwa zwölf Jahren werden Speicherbacköfen zusätzlich mit einer an der Decke angebrachten freistrahrenden Heizung ausgerüstet. Mit dieser vielfach „Infrarotheizung“ oder „rauhe Hitze“, allgemein „Zusatzheizung“, genannten Tagstromheizung lassen sich mit sehr geringen Mengen an elektrischer Energie Temperaturspitzen erzielen.

5. Etagenbacköfen, auch Warmluftöfen genannt

Eine beliebige Heizung erwärmt Luft, die um die Backmuffel strömt. Die Herde sind in Etagen übereinander angeordnet, wobei die Herdfläche zumeist 1 m² groß ist. Mit Hilfe einer Beschickungsvorrichtung können die in der Regel in sechs Etagen angeordneten Backherde von angelernten Hilfskräften beschickt werden und machen daher einen gelernten Ofenarbeiter überflüssig. Der Ofen ist in der Temperaturregelung sehr elastisch und kann mit Hilfe automatischer Steuerungen beliebigen Temperaturkurven angepaßt werden.

II. Umfang der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich nur mit den unter 4 b) aufgeführten Elektro-Speicheröfen, von denen Mitte 1958 schon über 800 in Österreich in Betrieb waren.

Die Ende 1957 durchgeführte Untersuchung konnte jedoch nur auf solche Backöfen zurückgreifen, die mindestens ein volles Jahr in Betrieb standen, weil nur dabei die Gewähr gegeben ist, daß die gewonnenen Zahlenwerte frei von Schwankungen sind, wie solche bei neu in Betrieb gehenden Öfen durch Versuche und ungenügende Erfahrung entstehen. Die Erhebung erstreckte sich auf 630 Speicherbacköfen, wobei die den Öfen betreffenden Werte von den Lieferfirmen, die Stromverbrauchswerte von den Elektrizitätswerken und die Backmengen von einer statistischen Stelle angegeben wurden, so daß das ausgewertete Zahlenmaterial als frei von subjektiven Fehlern zu bezeichnen ist.

Die in Österreich aufgestellten Speicherbacköfen stammen im wesentlichen von drei Firmen, im folgenden kurz A, B und C genannt. Von diesen drei Firmen lagen von insgesamt 520 Öfen auswertbare Ergebnisse vor.

Mit Rücksicht auf die verhältnismäßig kleine Gesamtzahl der Öfen wurde eine vollständige Untersuchung durchgeführt. In Österreich konnte sich der Speicherbackofen nur bis zu einer bestimmten Betriebsgröße einführen. Innerhalb dieses Bereiches sind unter den untersuchten Öfen alle Bundesländer ebenso vertreten wie städtische und ländliche Bäckereien. Im Hinblick auf die gesamten gewerblichen Bäckereien Österreichs stellen die mit Speicherbacköfen bereits arbeitenden Bäckereien einen repräsentativen Durchschnitt dar.

Nicht aufgenommen wurden in die Untersuchung neben Öfen, von denen nicht alle benötigten Zahlenwerte zur Verfügung standen, solche Backöfen von Erzeugerfirmen, die nur jeweils wenige Öfen zur Aufstellung gebracht haben sowie solche Bäckereibetriebe,

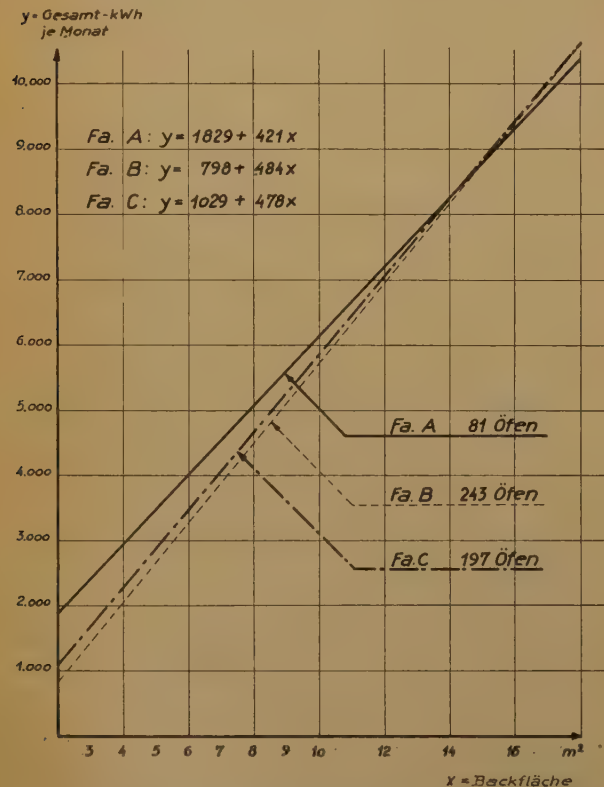


Abb. 1. Stromverbrauch der Speicherbacköfen als Funktion der Ofengröße in m²

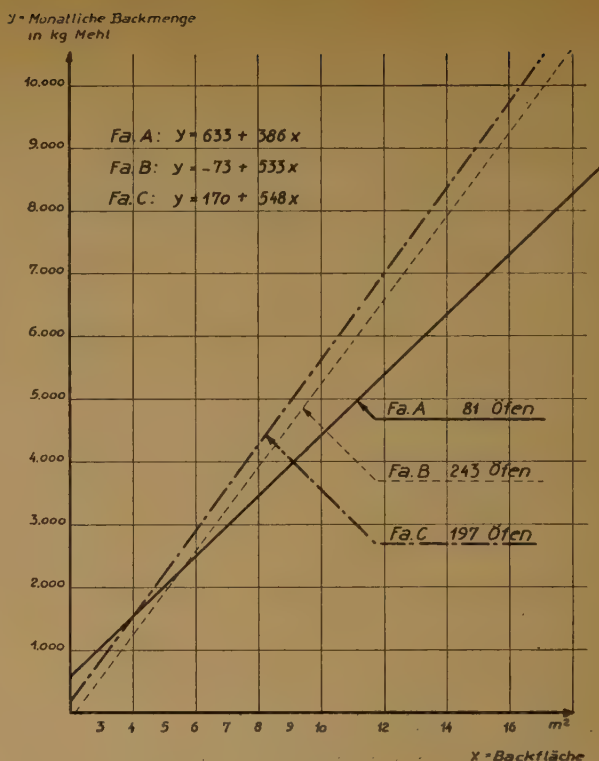


Abb. 2. Durchschnittliche Backmenge der Speicherbacköfen in Abhängigkeit von der Backfläche

die neben dem Speicherbackofen auch noch brennstoffbeheizte Öfen verwendeten, weil in solchen Fällen eine exakte Feststellung der auf den Speicherbacköfen entfallenden Backmenge nicht möglich war.

III. Die Charakteristik der Öfen

Zur allgemeinen Charakterisierung der Öfen lassen sich die arithmetischen Mittelwerte gut heranziehen.

a) Backfläche und Anschlußwert pro Ofen

	Firma A	Firma B	Firma C
Backfläche m ²	9,48 m ²	9,37 m ²	8,44 m ²
Anschlußwert Nacht	40,36 kW	33,72 kW	35,67 kW
Anschlußwert Tag	10,5 kW	10,7 kW	9,6 kW

Die Öfen der Firma C haben also im Durchschnitt eine um 10% kleinere Backfläche gegenüber den Öfen der beiden anderen Firmen aufzuweisen. Weit auffälliger ist jedoch der bei Firma A um rund 20% größere Nachtanschlußwert gegenüber B, trotz nahezu gleicher Backfläche.

b) Stromverbrauch und Backmenge

	Firma A	Firma B	Firma C
Monatlicher Gesamtverbrauch	5 815 kWh	5 339 kWh	5 065 kWh
Anteil des Tagstromes am Gesamtverbrauch	5,22 %	8,03 %	6,26 %
Gesamte monatliche verbackene Mehlmenge	4 290 kg	4 930 kg	4 797 kg
Anteil d. Roggenmehls an der ges. Mehlmenge	40,6 %	42,00 %	37,00 %

Es fällt hiebei auf, daß die Öfen der Firma A zwar den größten Stromverbrauch aufwiesen, jedoch im Durchschnitt die geringste Menge Mehl verarbeiten. Diese Tatsache in Verbindung mit der unter a) getroffenen Feststellung läßt es berechtigt erscheinen, die Fabrikate der drei Firmen einer genauen statistischen Untersuchung zu unterziehen, um die aus den Mittelwerten erkennbaren Unterschiede genauer zu erforschen.

Betrachtet man schließlich noch

c) Mittelwerte von Verhältniszahlen

	Firma A	Firma B	Firma C
kWh je kg	1,63	1,30	1,27
kg monatlich/m²	458,30	534,40	470,00
kWh monatlich/m²	627	590	615

so lassen auch diese Zahlen Unterschiede in der Qualität der Öfen vermuten.

Errechnet man die Normalgleichungen zwischen der Backfläche einerseits und dem Stromverbrauch, der Backmenge und dem spezifischen Stromverbrauch andererseits, so ergeben sich die in Abbildung 1 bis 3 gezeigten Geraden. Auch dabei ist festzustellen, daß die Geraden der Firma B und C stets näher beisammenliegen und die Firma A eine deutliche Abweichung von den beiden anderen Firmen erkennen läßt. Erst bei Öfen mit Backflächen von 12 bis 14 m² sind die Unterschiede der drei Firmen sehr gering. Öfen dieser Größe sind jedoch bei der Firma A äußerst selten, bei den übrigen Firmen ebenfalls bereits in der Minderzahl, da die überwiegende Anzahl der Öfen Backflächen zwischen 6 und 10 m² aufweisen. Die Größenverteilungen sind dem tieferstehenden Abschnitt zu entnehmen.

IV. Aufgabe und Methode der Untersuchung

Es gibt kaum zwei Bäckereibetriebe, die einander so gleichen, daß man sie ohne weiteres miteinander vergleichen kann. Soll also untersucht werden, ob die von verschiedenen Erzeugerfirmen gelieferten Backöfen gleich gute Wirtschaftlichkeit aufweisen, läßt sich mit einer auch noch so genauen Untersuchung einzelner Öfen nichts aussagen, weil immer wieder Faktoren bei den einzelnen Bäckereien zu berücksichtigen sind, deren zahlenmäßigen Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit des Backprozesses man nicht kennt. Zwei Hauptfaktoren bestimmen den Stromverbrauch eines Speicherofens.

1. Der Wärmearaufwand zum Backen,
2. der Leerwert des Ofens.

Der Wärmearaufwand zum Backen ist von der Bedienung des Backofens weitgehend abhängig. Er ist vom Fabrikat des Ofens unabhängig und die vorhandenen Schwankungen sind bei genügend großer Zahl von untersuchten Öfen auf alle Fabrikate und Ofengrößen gleichmäßig verteilt. Nur eine Gesamtuntersuchung aller Speicherbacköfen gewährleistet daher, daß Unterschiede im Wärmearaufwand sich statistisch gleichmäßig verteilen und das Untersuchungsergebnis nicht beeinflussen.

Der Leerwert des Ofens setzt sich aus den Türverlusten und der durch Isolierung des Ofen verlorengehenden Wärme zusammen. Dies sind Größen, die

möglicherweise bei jedem Fabrikat anders sind und die Wirtschaftlichkeit des Backofens sehr erheblich beeinflussen. Der Leerwert des Ofens ist auch von der Backtemperatur und der Temperatur des Aufstellungs-ortes abhängig, doch sind diese Einflüsse bei den Öfen wieder so verschieden, daß sie das Gesamtergebnis statistisch nicht verändern. Im besonderen ging es darum, aus dem vorliegenden Zahlenmaterial folgende Fragen zu beantworten:

a) Ist der Aufwand an elektrischer Arbeit für das Backen einer bestimmten Menge bei allen Fabrikaten gleich oder kann ein Fabrikat als besonders wirtschaftlich oder unwirtschaftlich bezeichnet werden?

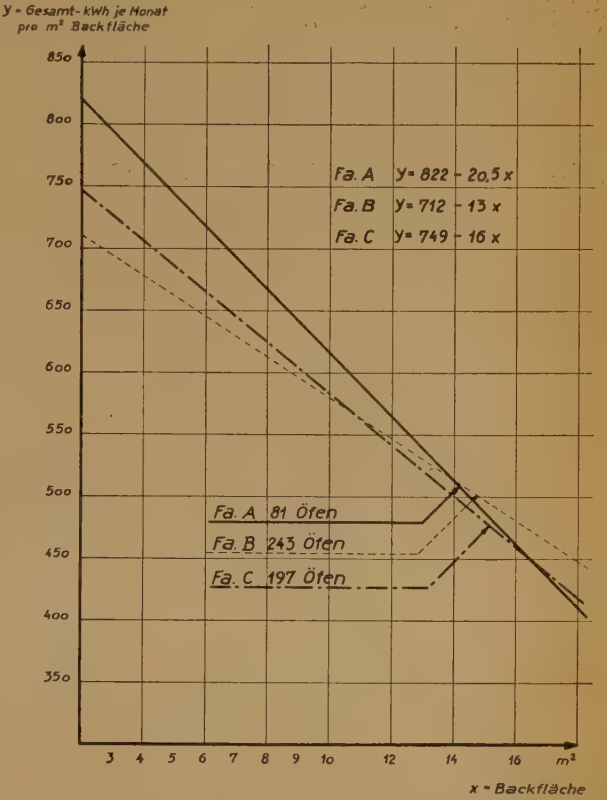


Abb. 3. Durchschnittlicher spezifischer Stromverbrauch der Speicherbacköfen (kWh/m² Backfläche)

- b) Ist der spezifische Verbrauch in kWh je kg von der Größe des Backofens, von der Backfläche abhängig und wie ändert er sich mit der Belastung in kg je m²?
- c) Besteht eine Abhängigkeit des Stromverbrauches in kWh/m² von der Backfläche?
- d) Ändert sich die durchschnittliche Belastung des Backofens in kg/m² mit der Ofengröße?
- e) Kann bei solchen Untersuchungen auf die Ermittlung der Backmenge verzichtet und können nur aus den elektrischen Werten gültige Aussagen abgeleitet werden?

Weitere Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit einzelner Ofenfabrikate wurden ebenfalls durchgeführt, konnten jedoch im Rahmen der vorliegenden Arbeit nur so weit besprochen werden, als sie für die Behandlung des eigentlichen Fragenkomplexes von Interesse sind. Hiezu gehört unter anderem die Änderung des Anschlußwertes mit der Ofengröße, das Verhältnis des Anschlußwertes der Zusatzheizung zum An-

schlußwert der Speicherheizung, die Benützungsstunden des Anschlußwertes und deren Beeinflussung durch die Backfläche. Die Strenge der statistischen Zusammenhänge werden mit Hilfe der Korrelationskoeffizienten untersucht, die bestimmt sind durch die Formel

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \cdot \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Der Fehler s_r des Korrelationskoeffizienten

$$s_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}$$

wurde jeweils miterrechnet und die zufällige oder wesentliche Abweichung vom Unabhängigkeitsmaß 0 mit Hilfe der t -Verteilung nach

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{n - 2} \text{ nachgeprüft.}$$

Für die Integralgrenzen der t -Verteilung für die der Anzahl der Öfen entsprechenden Freiheitsgrade und die statistischen Sicherheiten $S = 95\%$, 99% und $99,9\%$ wurden nach

$$S\% = 100 - \frac{\left(\frac{n-1}{2}\right)!}{\sqrt{n\pi} \left(\frac{n-2}{2}\right)!} \int_{-t}^{+t} \frac{dt}{\left(1 + \frac{t^2}{n}\right)^{n+1}}$$

folgende Werte berücksichtigt:

Freiheitsgrad	t für		
n	$S = 95\%$	$S = 99\%$	$S = 99,9\%$
80	1,990	2,638	3,416
200	1,972	2,601	3,340
250	1,970	2,596	3,332

Die Faktoren a und b der Normalgleichungen wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt.

V. Einflußgrößen des Stromverbrauches

Die Forderung nach einem möglichst sparsamen Stromverbrauch, also niedrigen Betriebskosten, steht wohl für jeden Bäcker an der Spitze aller Überlegungen. Dies um so mehr, als die Anschaffungskosten aller Firmen etwa gleich hoch sind, so daß die Kosten des Backens nur von den Betriebskosten her wesentlich beeinflußt werden können. Eine Betrachtung folgender Einflußgrößen läßt Erkenntnisse erwarten:

Ofengröße in m^2 , Backbelastung in kg/m^2 , Verhältnis Tagstromverbrauch zu Nachtstromverbrauch, spezifischer Anschlußwert, kW/m^2 , Verhältnis Roggenmehl zu Weizenmehl.

1. Ofengröße in m^2

In den weiter oben beschriebenen Abbildungen 1, 2 und 3 wurden die funktionalen Zusammenhänge zwischen Backfläche und Stromverbrauch bzw. Backmenge und spezifischem Stromverbrauch (kWh/m^2) gezeigt. Eine Zusammenstellung der Korrelationsmaße r , des Fehlers s_r und des t -Wertes bringt Tabelle 1.

Neben den erwarteten guten Zusammenhängen der Backfläche mit dem Gesamtstromverbrauch, der Gesamtbackmenge und dem spezifischen Stromverbrauch je m^2 ist bemerkenswert, daß nur ein sehr schwacher Zusammenhang mit dem Stromverbrauch je kg Backmenge besteht, der tatsächlich nur bei der Firma C erkennbar ist. Für diese Öfen läßt sich ableiten, daß

der Stromverbrauch je kg Mehl von $1,615 kWh$ je kg um $0,04187 kWh$ je kg für $1 m^2$ Backfläche sinkt. Sehr wesentlich ist die Erkenntnis, daß die Belastung in kg/m^2 überhaupt keinen Zusammenhang mit der Backfläche zeigt. Es sind also bei allen drei Fabrikaten die Backbelastungen von der Größe der Öfen vollkommen unabhängig.

Tabelle 1

Backfläche zu	Maßzahlen	Firma A	Firma B	Firma C
Gesamt kWh)	r	0,577	0,809	0,706
	s_r	0,074	0,02215	0,03573
	t	6,284	21,375	13,922
Gesamtbackmenge kg Mehl)	r	0,427	0,68405	0,5576
	s_r	0,0907	0,03413	0,04908
	t	4,205	14,558	9,381
kWh/m^2)	r	0,2954	0,2786	0,2710
	s_r	0,1014	0,059	0,066
	t	2,748	4,504	3,931
kWh/kg	r	0,0147	0,0885	0,204
	s_r	0,111	0,06364	0,0682
	t	0,13143	1,3799	2,913
kg/m^2	r	0,0909	0,079	0,0224
	s_r	0,1101	0,0637	0,0712
	t	0,8115	1,2313	0,313

*) Dargestellt in Abb. 1
**) Dargestellt in Abb. 2
***) Dargestellt in Abb. 3

2. Belastung des Backofens in kg/m^2

Die Ofenbelastung, hier in kg Mehl monatlich je m^2 Backfläche ausgedrückt, ist die wichtigste Einflußgröße auf die Wirtschaftlichkeit jedes Backofens. In Tabelle 2 sind die Maßzahlen r , s_r und t für einige Werte zusammengestellt.

Es bestätigt sich der gute Zusammenhang zwischen der Belastung und dem spezifischen Stromverbrauch in kWh je kg und kWh je m^2 . Es zeigt sich dann auch, daß bei allen Fabrikaten sowohl die stark belasteten wie auch die wenig belasteten Öfen im Durchschnitt ein gleiches Verhältnis von Weizenmehl zu Roggenmehl aufweisen. Auch läßt sich eine Abhängigkeit des Tagstromverhältnisses von der Belastung mit Ausnahme der Firma A nicht feststellen.

In Abb. 4 sind die für die Funktion kWh/kg zu kg/m^2 ermittelten Regressionsgeraden dargestellt. Firma B und C liegen bei allen Ofenbelastungen sehr nahe beisammen, während die Firma A erst bei $800 kg/m^2$ die gleichen günstigen Stromverbrauchswerte erreicht wie die beiden anderen Firmen. Wie jedoch im Abschnitt Häufigkeitsverteilung gezeigt, liegen bei Firma A 92,5% aller Öfen unter $800 kg/m^2$.

Ein ähnlicher Verlauf ergibt sich in Abb. 5, welche die Abhängigkeit des spezifischen Stromverbrauches in kWh/m^2 von der Belastung zeigt. Auch hier sind die Öfen der Firma B und C nur wenig voneinander verschieden, während die Fabrikate der Firma A schon von $200 kg/m^2$ an mit den Stromverbrauchswerten erheblich höher liegen als die beiden anderen Firmen. Für den Bäcker in der Regel wenig interessant ist die Höhe der Ausnützungsstunden bzw. deren Veränderung mit wechselnder Ofenbelastung. Manche Werke haben jedoch an Stelle des für Nachtstromabnahme üblicherweise zur Anwendung gelangenden Arbeits-

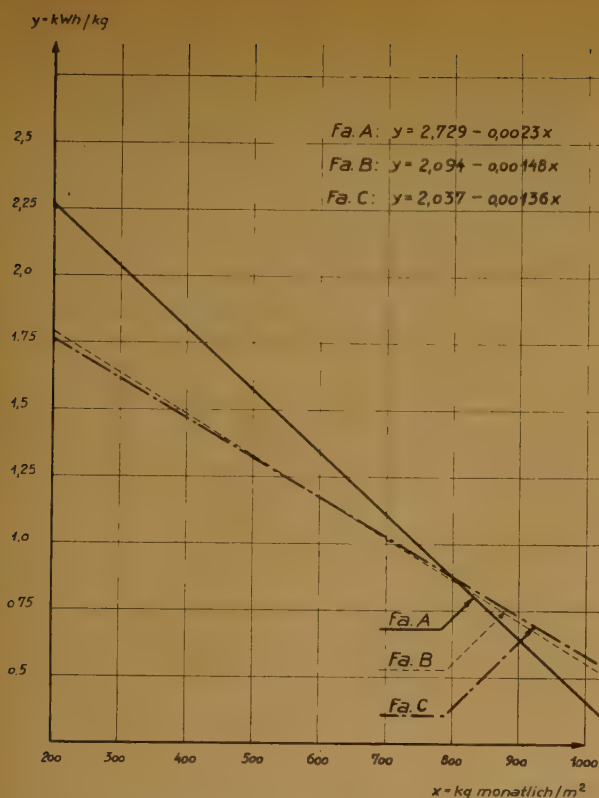


Abb. 4. Spezifischer Stromverbrauch in kWh/kg als Funktion der Ofenbelastung in kg/m²

preistarifes Tariffornen eingeführt, die dem Bäcker bei steigender Ausnützung eine Senkung des Arbeitspreises bringen. In solchen Fällen kann auch die Ausnützung wichtig werden, wiewohl eine Veränderung des Arbeitspreises hiedurch erst indirekt die Wirtschaftlichkeit des Backofens beeinflusst und eine hohe Ausnützung auch durch einen größeren spezifischen Stromverbrauch in kWh/m² bedingt sein kann. Da jedoch in Österreich fast ausschließlich Arbeitspreistarife in Anwendung stehen, sagt die Ausnützung nur über die Einschaltdauer der Öfen etwas aus. Der Korrelations-

Tabelle 2

kg/m ² zu	Maßzahlen	Firma A	Firma B	Firma C
kWh/kg	r	0,599	0,5688	0,65340
	s _r	0,0712	0,0433	0,04083
	t	6,652	10,738	12,053
kWh/m ²)	r	0,7168	0,6011	0,577
	s _r	0,0540	0,0409	0,0474
	t	9,1385	11,6775	9,8816
% Roggenmehl)	r	0,00186	0,0993	0,1883
	s _r	0,1111	0,0635	0,0687
	t	0,0726	1,5506	2,6778
Gesamtausnützung)	r	0,5627	0,2941	0,372
	s _r	0,0759	0,0586	0,0613
	t	6,0502	4,777	5,5989
% Tagstrom	r	0,42790	0,04860	0,14543
	s _r	0,090766	0,0639	0,0697
	t	4,2080	0,755	2,052

*) Dargestellt in Abb. 4

**) Dargestellt in Abb. 5

**) Dargestellt in Abb. 6

koeffizient zeigt (siehe Tabelle 2) eine gute Abhängigkeit an und es wurden daher die Regressionsgeraden in Abb. 6 dargestellt. Alle drei Firmen zeigen hier ein voneinander verschiedenes Bild. Während die Firma C bei fast allen Ofenbelastungen die niedrigsten Ausnützungsstunden aufzuweisen hat (der größere mittlere Anschlußwert ließ dies auch erwarten), installiert die Firma B ihre Öfen mit etwas größeren Speicherheizungen. Immerhin haben beide Geraden fast die gleiche Neigung, d. h. die Ausnützung ändert sich mit zunehmender Ofenbelastung um den gleichen Betrag. Die Fabrikate der Firma A weisen jedoch eine stark steigende Ausnützung mit zunehmender Belastung auf, was um so auffälliger ist, als die Firmen A und C fast gleiche Anschlußwerte je m² Backfläche haben.

3. Der spezifische Anschlußwert in kW/m²

Es wäre nicht ausgeschlossen, daß auch der spezifische Anschlußwert kW-Nacht/m² auf die Wirtschaftlichkeit des Backofens einen Einfluß hat. Während die überwiegende Anzahl der Öfen etwa 3 bis 4 kW je m² aufweisen, kommen spezifische Anschlußwerte bis zu 7 kW/m² vor. Den Zusammenhang mit einigen Kennzahlen bringt Tabelle 3. Bemerkenswert daran ist, daß der Korrelationskoeffizient auf einen Zusammenhang zwischen dem spezifischen Stromverbrauch in kWh/kg und dem Anschlußwert in kW/m² nicht schließen läßt. Die Wirtschaftlichkeit des Backofens ist somit vom Anschlußwert/m² nicht abhängig. Freilich läßt sich hiezu einwenden, daß die Anschlußwerte der Backöfen zum Teil wegen vorhandener Netzbelastungen reduziert werden mußten, während in anderen Fällen Bäcker zwei scharfe Herde besitzen, jedoch einen Herd hievon stets als Umbackherd verwenden. Auf eine solche Unterscheidung mußte die vorliegende Untersuchung

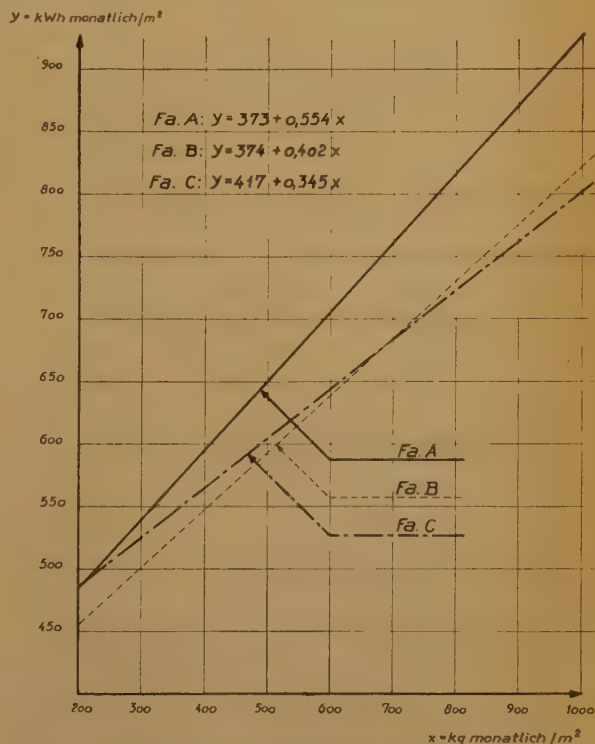


Abb. 5. Spezifischer Stromverbrauch in kWh/m² als Funktion der Ofenbelastung in kg/m²

Tabelle 3

kW/m ² zu	Maß- zahlen	Firma A	Firma B	Firma C
kg monatlich/m ²	r	0,152	0,3716	0,3045
	s _r	0,1085	0,0552	0,0646
	t	1,374	6,214	4,464
kWh monatlich/m ²	r	0,2614	0,5685	0,528
	s _r	0,1035	0,0434	0,051
	t	2,408	10,730	8,698
kWh/kg	r	0,1069	0,03002	0,048
	s _r	0,1098	0,064	0,071
	t	0,9556	0,446	0,679
% Tagstrom	r	0,1555	0,00788	0,0574
	s _r	0,1084	0,06414	0,0710
	t	1,399	0,1224	0,803
% Roggenmehl	r	0,1826	0,201	0,268
	s _r	0,1074	0,0615	0,0661
	t	1,6515	3,1933	3,886

verzichten, doch müßte auch hier die Zahl der untersuchten Öfen Zufälligkeiten weitgehend ausgleichen, so daß die gefundene Unabhängigkeit des Stromverbrauches kWh/kg vom Anschlußwert/m² mit großer Sicherheit behauptet werden kann.

Es ist durchaus verständlich, daß eine gute Abhängigkeit des Stromverbrauches/m² vom Anschlußwert/m² besteht. Hingegen ist der Tagstrombedarf des Ofens vom Anschlußwert unabhängig, was deshalb wichtig ist, weil daraus erkannt werden kann, daß die Firma B offenbar bewußt ihre Öfen mit einem etwas höheren Tagstrombedarf gebaut hat. Der schwach erkennbare Zusammenhang zwischen dem Anteil des verarbeiteten Roggenmehls an der gesamten Mehlmenge und dem

y = monatliche Benützungsstunden
(Gesamt-kWh je Monat: Anschlußwert Nacht)

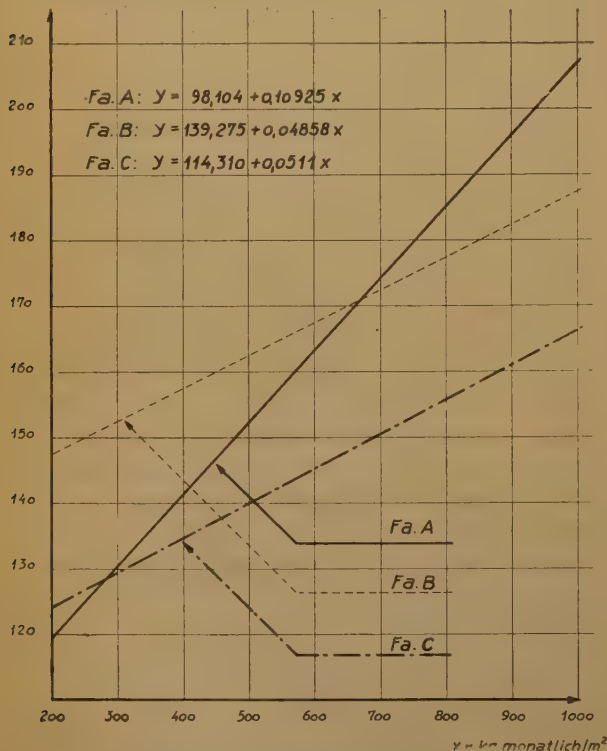


Abb. 6. Benützungsstunden des Nachtanschlußwertes als Funktion der Ofenbelastung in kg/m²

Anschlußwert ist zumindest bei den Firmen B und C bereits mit hoher statistischer Sicherheit vorhanden. Untersucht man die Regressionsgeraden, so findet man positive b -Werte, der Anteil des verarbeiteten Roggenmehls steigt daher mit größerem Anschlußwert/m².

Die Firmen B und C nehmen bei der Dimensionierung der Speicherheizung auf die zu erwartende Ofenbelastung Rücksicht, was man aus dem Korrelationskoeffizienten für kg/m² und kWh/m² ersehen kann. Bei der Firma A ist dieser Zusammenhang etwas schwächer. Bei Firma B und C steigen die Belastungen um 88,5 bzw. 77 kg je m² für 1 kWh/m² Anschlußwert.

4. Anteil des Tagstromes am Gesamtverbrauch

Es fällt schon bei Betrachtung der arithmetischen Mittelwerte auf, daß die Öfen der Firma B einen größeren Tagstrombezug aufweisen als die beiden anderen Firmen. Untersucht man aber den Einfluß des Tagstromes in % des Gesamtstromverbrauches auf verschiedene Größen, so ergeben sich die Werte der Tabelle 4. Auf keine der hierbei untersuchten Kennzahlen, kWh/kg, kWh/m², % Roggenmehl hat dabei das Verhältnis des Tagstromes einen Einfluß.

Tabelle 4

% Tagstrom zu	Maß- zahlen	Firma A	Firma B	Firma C
kWh monatlich/m ²	r	0,0403	0,0241	0,01408
	s _r	0,0930	0,0641	0,0698
	t	0,391	0,374	0,198
kWh/kg	r	0,0117	0,0630	0,0824
	s _r	0,0109	0,0638	0,0707
	t	1,0495	0,9801	1,1555
% Roggenmehl	r	0,0253	0,0514	0,0192
	s _r	0,111	0,0639	0,0685
	t	0,225	0,9792	0,274

5. Verhältnis des Roggenmehls an der gesamten verarbeiteten Mehlmenge

Schließlich wäre auch noch denkbar, daß ein hoher Anteil von Weißgebäck oder Roggenbrot die Wirtschaftlichkeit des Backofens beeinflußt. Aus Tabelle 5 ist aber zu entnehmen, daß auch dieses Verhältnis gänzlich ohne Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit in kWh/kg, die Belastung in kg/m² oder den spezifischen Strombrauch in kWh/m² ist.

VI. Die Häufigkeitsverteilung

Die Berechnung statistischer Maßzahlen ist nur zulässig, wenn die untersuchten Zahlenwerte in einer statistischen Verteilungsform vorliegen. Während bei einer

Tabelle 5

% Roggenmehl zu	Maß- zahlen	Firma A	Firma B	Firma C
kg monatlich/m ²	r	0,00816	0,0993	0,0188
	s _r	0,1111	0,0635	0,0687
	t	0,0726	0,1550	0,267
kWh monatlich/m ²	r	0,0239	0,0781	0,0185
	s _r	0,1110	0,0647	0,068
	t	0,2129	1,217	0,263
kWh/kg	r	0,0066	0,0267	0,0942
	s _r	0,1111	0,0641	0,0706
	t	0,0537	0,4147	0,1322

Stichprobenuntersuchung das Bestehen einer Verteilungsform erst überprüft werden muß, ergibt eine Gesamtuntersuchung bereits genügend Gewähr dafür. Als Stäbchendiagramm ist in den Bildern 7 bis 11 von den wichtigsten Kenngrößen die Häufigkeit in % aufgetragen. Es liegt überall eine überraschend gute „Normalverteilung“ entsprechend der Gaußschen Glockenkurve vor. Diese Bilder der Häufigkeitsverteilung geben gleichzeitig auch die Grenzen an, in denen die errechneten

Korrelationen und Normalgleichungen gelten. Von einer Darstellung der Summenprozente der Häufigkeiten im Wahrscheinlichkeitsnetz, die entsprechend der vorliegenden Normalverteilung eine Gerade zeigt, konnte hier abgesehen werden.

VII. Weitere statistische Untersuchungen

Mit verschiedenen Testverfahren wurden die oben beschriebenen Ergebnisse überdies noch kritisch über-

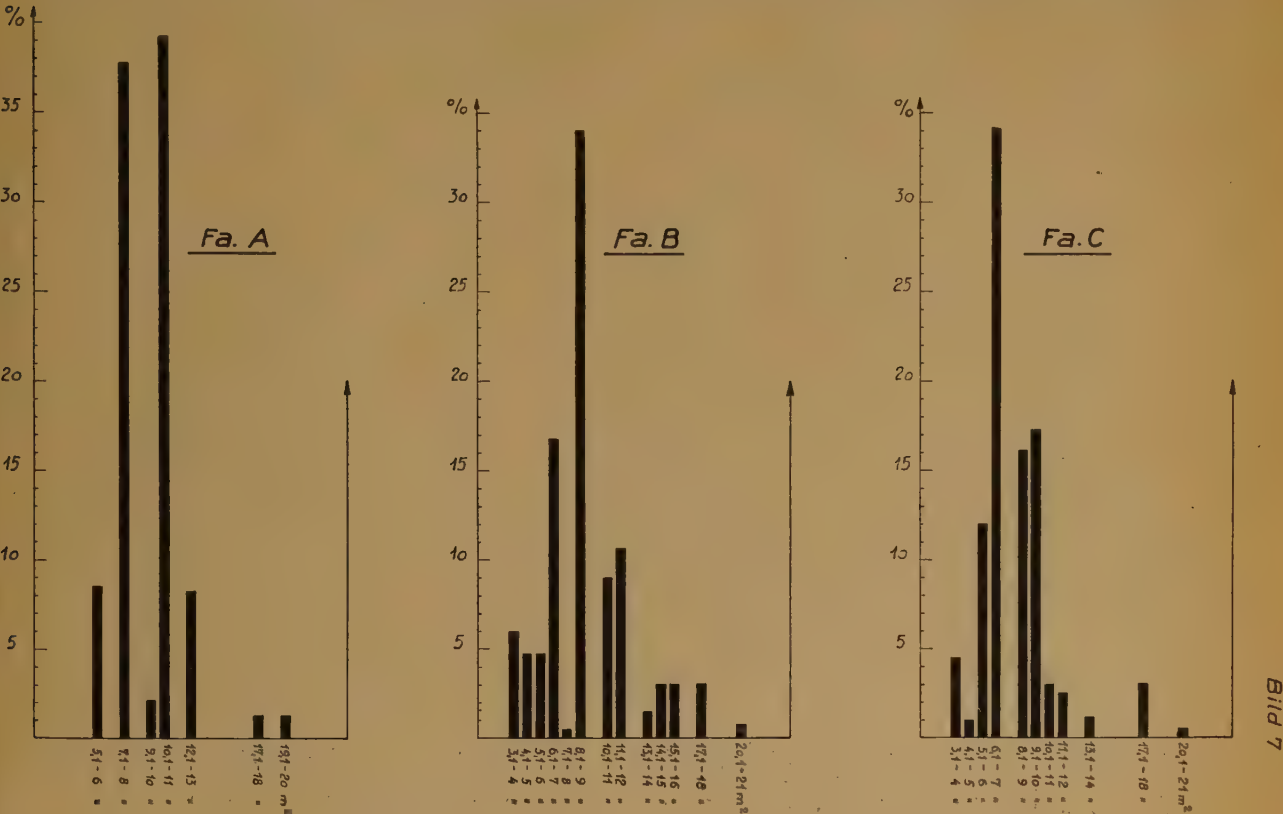


Abb. 7. Verteilung der Backfläche der Speicherbacköfen

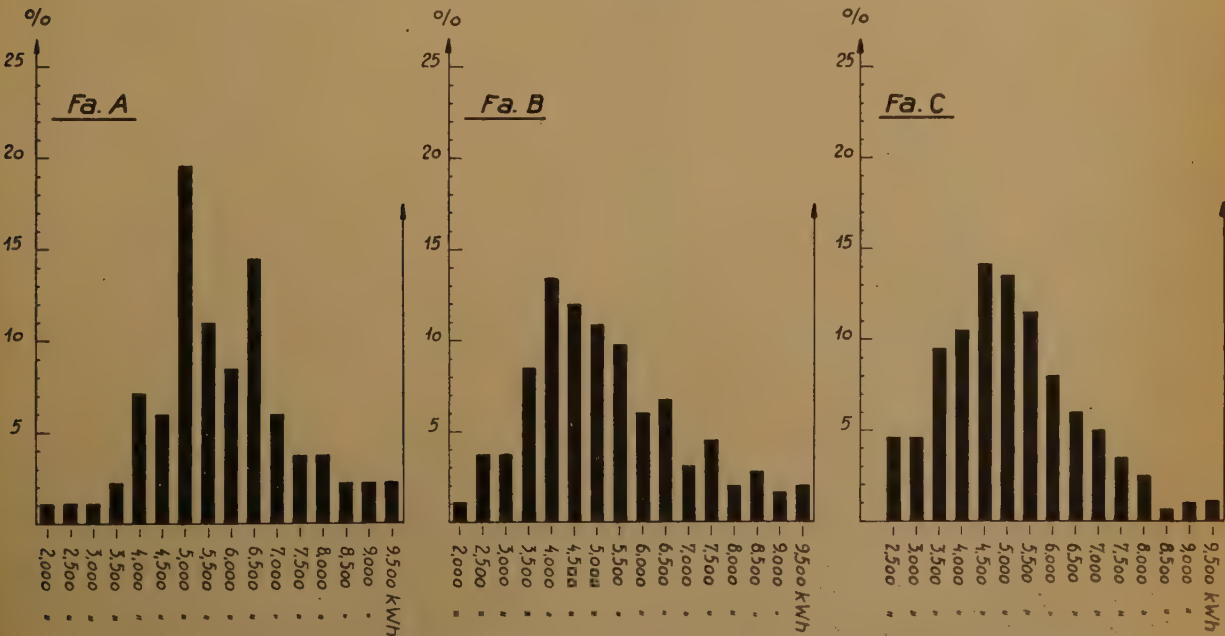


Abb. 8. Verteilung des durchschnittlichen monatlichen Stromverbrauches der Speicherbacköfen

prüft, obwohl die gewonnenen Zahlenwerte eindeutige Schlüsse zulassen. So läßt sich mathematisch nachweisen, daß die beiden Mittelwerte von 1,3 kWh/kg Mehl bei der Firma B und 1,27 kWh/kg bei der Firma C nur zufällig voneinander abweichen, aber kein Wesensunterschied vorliegt. Hingegen ist eine wesentliche Abweichung des Durchschnittswertes von der Firma A mit 1,63 kWh/kg mit großer Sicherheit zu behaupten. Es läßt sich dies auch durch Ermittlung des Streuungsmaßes s^2 der Durchschnitte mit Hilfe der t -Verteilung

beweisen, ebenso wie mit Hilfe der t -Verteilung der Unterschied je zweier Regressionskoeffizienten geprüft wurde. Diese Prüfverfahren, zu denen auch noch einige Varianzanalysen kommen, werden hier jedoch wegen der Eindeutigkeit der Rechenergebnisse nicht im besonderen dargestellt.

VIII. Zusammenfassung der Ergebnisse

Elektro-Speicherbacköfen stellen für jedes Elektrizitätswerk einen nicht zu übersehenden Aktivposten im

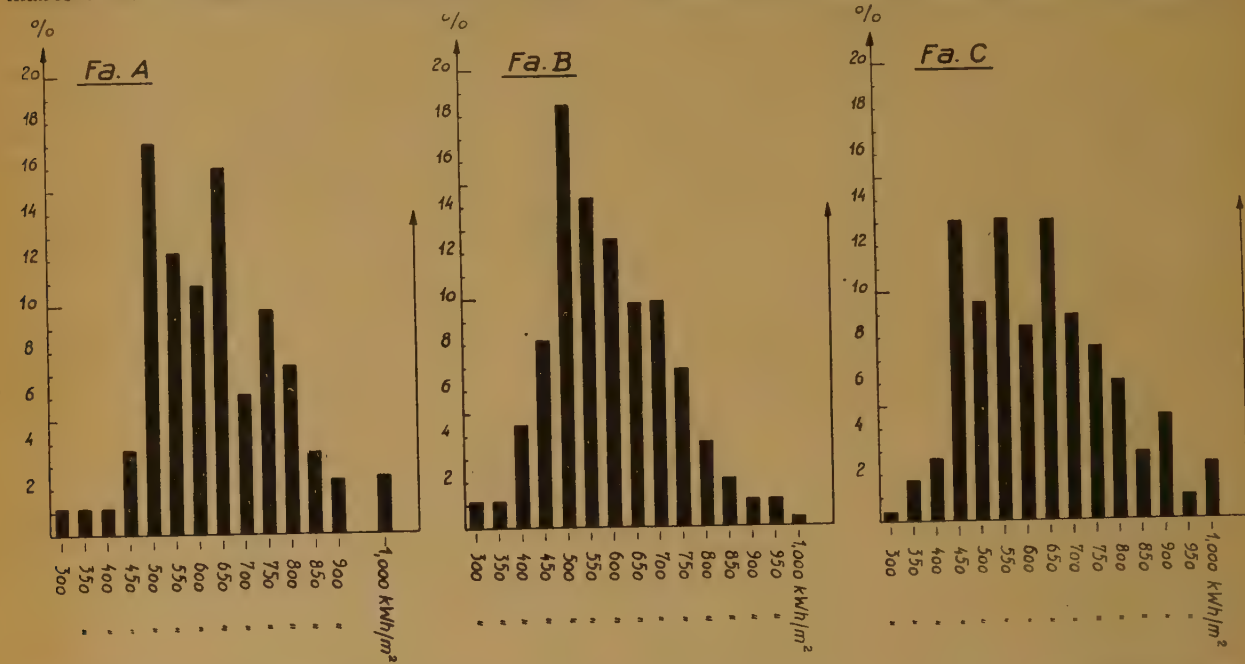


Abb. 9. Verteilung des spezifischen Stromverbrauches in Gesamt-kWh monatlich je m² Backfläche der Speicherbacköfen

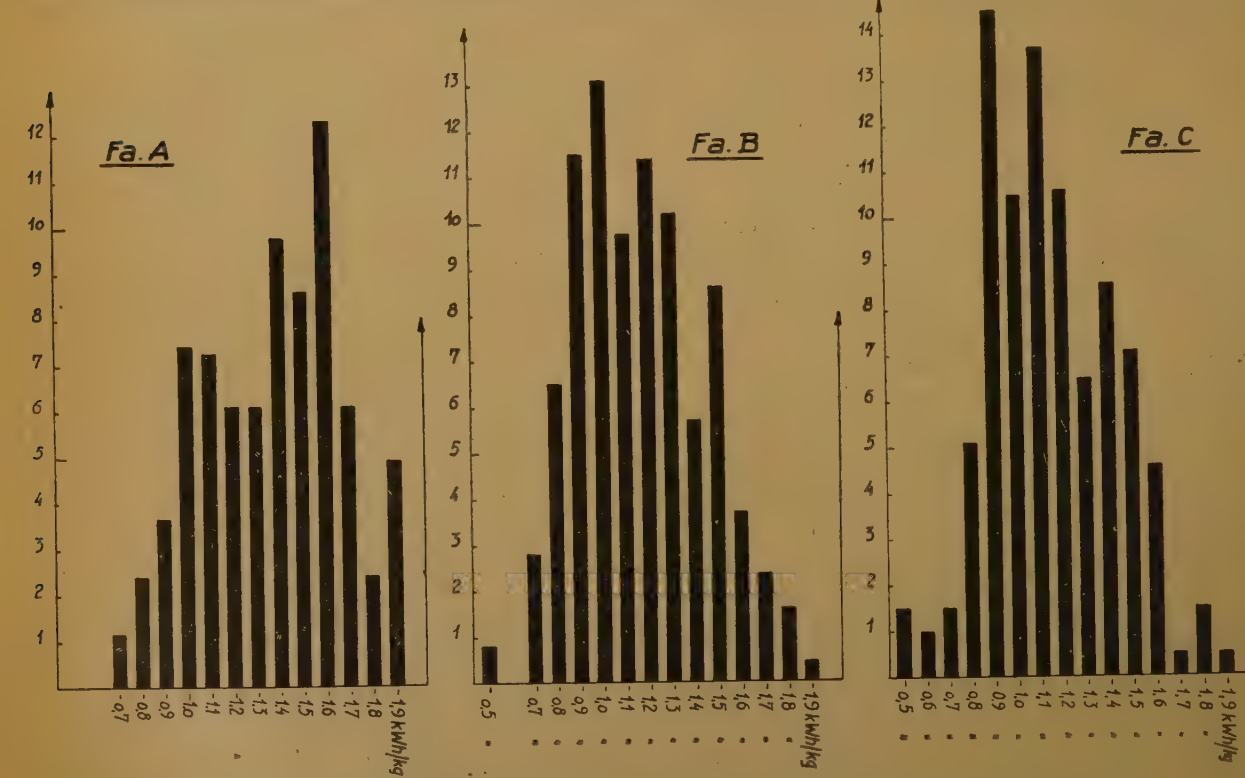


Abb. 10. Verteilung des spezifischen Stromverbrauches in kWh/kg der Speicherbacköfen

Verkauf elektrischer Energie in Schwachlastzeiten dar. Die Zufriedenheit dieser Konsumenten mit dem Backofen im besonderen und dieser Anwendungform von Elektrowärme im allgemeinen ist eine der Voraussetzungen für die weitere Entwicklung dieses Zweiges der Elektrizitätsanwendung. Auch von dieser Seite her war es für die Elektrizitätswerke wichtig, mit den ihnen zur Verfügung stehenden Mitteln ein Bild über die Wirtschaftlichkeit dieser Backöfen zu gewinnen. Diese Mittel bestehen in der Anwendung statistischer Verfahren auf das in mehr oder weniger reichlichem Maße zur Verfügung stehende oder leicht zu beschaffende Zahlenmaterial.

die Betrachtung der Backmenge in vielen Fällen die Gewinnung von Erkenntnissen wesentlich erleichtert, so genügt doch auch bei entsprechend großer Zahl von untersuchten Fällen bereits der Stromverbrauch zusammen mit der Backfläche und dem Anschlußwert, um Aussagen machen zu können.

In energiewirtschaftlicher Hinsicht ist der Speicherbackofen interessant, weil die durchschnittliche Jahresausnutzung bei rd. 1800 Stunden liegt. Für die maximal zur Verfügung stehende Nachtzeit von in der Regel täglich 8 bzw. jährlich 2400 Stunden bedeutet dies eine rd. 75%ige Ausnutzung der bereitgestellten Leistung, eine Zahl, die nur von wenigen anderen

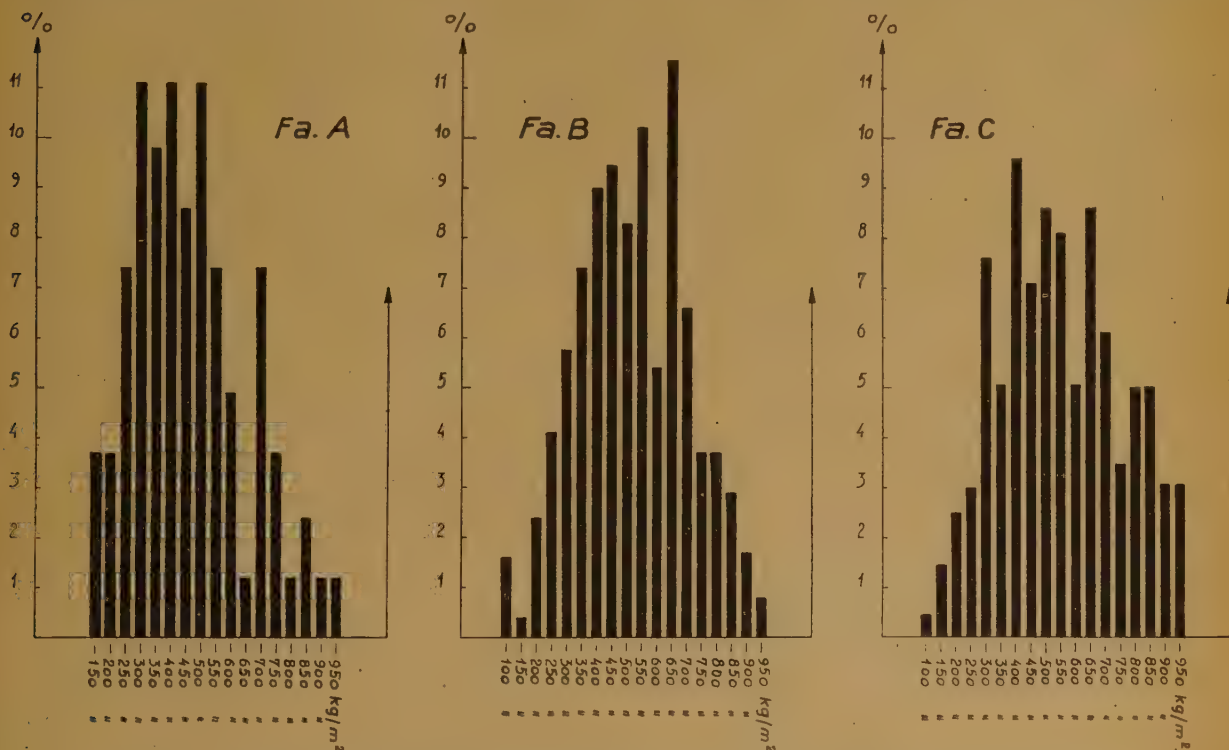


Abb. 11. Verteilung der Ofenbelastung in kg/Mehl monatlich je m² Backfläche der Speicherbacköfen

a) Die Firma A hatte schon zu Beginn der Untersuchung die Erzeugung von Speicherbacköfen eingestellt. Die Untersuchung zeigte, daß die beiden anderen untersuchten Firmen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der Öfen vollkommen gleichgesetzt werden können.

b) Der spezifische Stromverbrauch in kWh/kg ist von der Größe des Backofens nur wenig abhängig, hingegen sehr stark von der Belastung des Backofens in kg/m² beeinflusst. Eine Erhöhung der Backmenge führt zu einer ganz empfindlichen Senkung des spezifischen Stromverbrauches.

c) Es besteht eine echte Abhängigkeit des Stromverbrauches in kWh/m² von der Backfläche.

d) Die durchschnittliche Belastung eines Backofens in kg/m² ist von der Backfläche vollkommen unabhängig bzw. die Zahl der untersuchten Öfen war bereits so hinreichend groß, daß sich bei den einzelnen Ofen-Größen allfällige Unterschiede gut ausgeglichen haben.

e) Auch ein Vergleich der Stromverbrauchswerte mit der Backfläche läßt bereits bestehende Unterschiede in den Ofenfabrikaten deutlich erkennen. Wenngleich

Elektrowärmegeräten und fast überhaupt nicht von anderen Stromverbrauchern erreicht wird. Die Benützung der Zusatzheizung erfolgt nur durch wenige Stunden im Monat. Daraus ergibt sich pro Ofen eine kaum einstündige Einschaltung täglich, die sich auf eine Backzeit von sieben bis acht Stunden verteilt. Zufolge der geringen Einschaltdauer und der daraus resultierenden Gleichzeitigkeit wird auch bei weiterer Erhöhung der Zahl der Speicherbacköfen die Zusatzheizung für die EVU kaum spürbar werden.

Es war nicht Aufgabe dieser Untersuchung, Kostenvergleiche mit brennstoffbeheizten Backöfen anzustellen und die Frage der Nachtstromtarife zu beleuchten. Die derzeitigen Verhältnisse erlauben es jedoch dem Elektro-Speicherbackofen, mit anderen Öfen in Konkurrenz zu treten, und die auch beim Elektro-Backofen für jeden Abnehmer spürbaren Vorteile der Elektrowärme, zusammen mit der Gewähr, qualitativ hochwertige Ofenfabrikate zu verwenden, ermöglichen es der gewerblichen Bäckerschaft Österreichs, ihrer volkswirtschaftlichen Aufgabe immer besser zu dienen.

Die Entwicklung des automatischen Backofens für Brot und Gebäck in Österreich

Von OTTO FLORIAN, Wien

Mit 5 Textabbildungen

Zusammenfassung: Es wird darauf hingewiesen, daß beim Betrieb von automatischen Backöfen der Zustand der vor den Ofen kommenden Ware von ausschlaggebender Bedeutung ist. — Verhältnisse und Kapazitäten bei der Brotindustrie in Österreich. — Bedingungen für das kontinuierliche Backen. — Unterschied bei Weizen- und Roggenbrot. — Durchlauföfen und Gehängeöfen. — Heizungsarten. — Konstruktionshinweise.

Einleitung

Es gibt wohl keine Ware, die in derartigen Mengen gebraucht wird, wie Brot und Gebäck, und man hat daher frühzeitig versucht, die Erzeugung von Backwaren zu automatisieren. Aber es genügt nicht, einen Mehlbrei anzurühren und diesen auf einem Band durch einen beheizten Kanal zu schicken. Das Produkt wäre dem, was wir unter Brot verstehen, absolut unähnlich. Das Mehl- und Wassergemisch muß aufgelockert werden, damit es sein Volumen vergrößert und sich beim Backen die aromatischen Stoffe bilden können, die dem Brot Geschmack verleihen. Zur Lockerung des Teiges benützt man seit jeher Kohlensäure, die durch dem Teig zugesetzte Bakterien geliefert wird. Es ist einleuchtend, daß die Lebensbedingungen für diese Lebewesen so gestaltet werden müssen, daß sie zu einer genügenden Vermehrung und Gasproduktion angeregt werden. Dies geschieht durch die Vorbereitung für das Backen, während welcher Zeit der Teig geknetet, geteilt und geformt wird. Ganz bestimmte Temperaturen sind für Wasser und Mehl einzuhalten, die Räume, in denen die Verarbeitung vor sich geht, sollen eine warme und feuchte Atmosphäre haben, und die Zeiten zwischen den einzelnen Verarbeitungsstufen sind für das Gelingen des Prozesses von ausschlaggebender Bedeutung. Differenzen von wenigen Minuten können schon schädlich sein.

Solange man das Backen auf einem stationären Ofen vornahm, der einen großen Wärmespeicher hatte, konnten Unregelmäßigkeiten in der Teigherführung leicht ausgeglichen werden, da ein Leerstehen des Ofens keine wesentliche Temperatursteigerung in demselben hervorrief und man durch Auswischen mit einem feuchten Lappen die Flughitze wegbringen konnte. Aber bei einem automatischen Ofen, bei dem die Backware auf einem endlosen Band aufgelegt wird und welcher wenig Speichermasse besitzt, soll das Backen möglichst nicht unterbrochen werden, um den einmal erreichten Beharrungszustand nicht zu stören.

Vorbedingung für ein erfolgreiches Arbeiten mit einem automatischen Backofen ist, daß der vor den Ofen gebrachte Teig laufend im richtigen Zustand in den Ofen kommt. Leider gibt es bisher kein Instrument, mit dem dieser Zustand auf einfache Weise bestimmt werden könnte, man ist ganz auf das Gefühl des Bäckers angewiesen. In Amerika sind Mehle mit gleichmäßigen Backeigenschaften erhältlich, die Verarbeitungsräume werden klimatisiert und die Vielfalt der Gebäcksorten ist nicht sehr groß, so daß auch die Vorbereitung weitgehend automatisiert werden konnte. Auch haben sich

dort die Verbraucher in weitem Maß auf Backerzeugnisse eingestellt, die in Blechformen gebacken werden und wegen ihrer geringeren Empfindlichkeit leichter in gleichmäßiger Güte hergestellt werden können.

In Österreich verlangt die Bevölkerung ein großes Warensortiment und die Rohstoffe sind nicht immer in gleichmäßiger Qualität erhältlich. Aber die Automatisierung setzt sich immer mehr durch. Durch das Nachtbackverbot (Beginn der Arbeit um 4 Uhr früh) und die Gewohnheit der Verbraucher, nur frische Backware zu kaufen, sind die Betriebe gezwungen, große Kapazitäten an Backfläche zur Verfügung zu stellen, die nur wenige Stunden im Tag ausgenützt werden. All dies bedeutet eine große Belastung für die Brotfabriken. Andererseits hat sich der Brotkonsum gewandelt. Während früher große runde Brotlaibe bevorzugt wurden, die in durchaus wirtschaftlicher Weise in den alten Gewölbeöfen hergestellt werden konnten, wird jetzt Brot in langer Form (Wecken) verlangt, das rationell nur auf automatischen Öfen gebacken werden kann.

Bedingungen für das fortlaufende Backen

In jedem automatischen Backofen muß das Backen im stationären Ofen nachgeahmt werden. Nun geht das Backen in einem solchen Ofen bei Weizengebäck so vor sich, daß der Teig in den Ofen eingeschoben wird und je nach Gewicht länger oder kürzer in dem Ofen verbleibt. Kurz nach dem Einschießen oder während desselben wird Dampf in den Ofen geblasen, damit die Teigstücke eine feuchte Haut bekommen, die elastisch ist und dem Druck der unter der plötzlichen Hitzeeinwirkung verstärkt im Teigstück sich bildenden Gase widerstehen kann. Während des Backens verbleibt der Dampf im Ofen und er wird vermehrt durch das aus dem Teigstück verdampfte Wasser, das 10 bis 15% des Teiggewichtes beträgt. Der überschüssige Dampf tritt nur durch Schlitze unterhalb der Ofentüren aus, so daß wegen der steigenden Herdsole das Gebäck während des ganzen Backvorganges im Dampf verbleibt. Auch die Temperatur im Backraum wird während des ganzen Backprozesses konstant auf etwa 250° gehalten.

Ein automatischer Ofen für Weißgebäck muß daher so ausgebildet sein, daß seine Heizung die Einhaltung einer konstanten Temperatur gestattet, wobei am Ofeneintritt eine größere Wärmemenge pro Quadratmeter als am Ofenaustritt erforderlich ist, und daß die Backware stets im Dampf verbleibt.

Anders das Backen von Roggenbrot. Auch hier wird beim Einschießen im stationären Ofen Dampf gegeben. Nach kurzer Zeit aber, wenn die Gasbildung infolge Absterbens der Bakterien aufgehört hat, wird der Dampf durch Ablässe entfernt und durch Öffnen der Türen ein Luftstrom über die Backware geleitet, so daß die Temperatur im Backraum absinkt (etwa von 270 auf 180°). Auf diese Weise wird rißfreies Brot erzielt. Im automatischen Ofen müssen Feuchtigkeit und Temperatur während des Durchlaufens der Teigstücke durch den Ofen den Erfordernissen angepaßt werden.

Ofenbauarten

Zwei Typen von automatischen Öfen haben sich durchgesetzt: der Durchlaufofen (Abb. 1) und der Gehängeofen (Abb. 2).

Der erstere ist die ältere Bauart, die bereits vor dem ersten Weltkrieg in den angelsächsischen Ländern mit

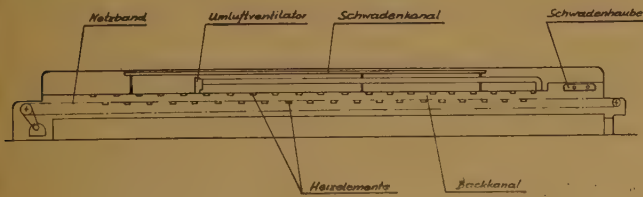


Abb. 1. Netzbandofen mit elektrischer Heizung

Erfolg verwendet wurde. Die Versuche, Brot und Gebäck, wie es in Deutschland und Österreich verlangt wird, auf diesen Öfen herzustellen, schlugen fehl, weil die, wenn man so sagen darf, atmosphärischen Bedingungen in diesen Öfen nicht gegeben waren.

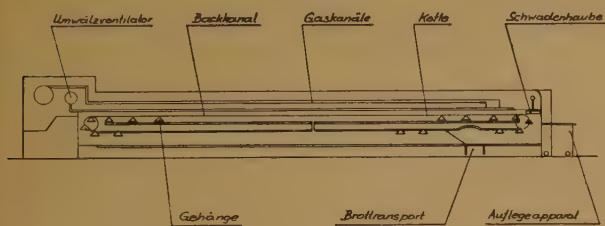


Abb. 2. Gehängeofen für kalorische Brennstoffe

Die notwendige Temperaturkurve ist leicht herzustellen, besonders wenn elektrische Heizung verwendet wird. In Abb. 3 sind Diagramme gezeigt, von denen das eine den Temperaturverlauf in einem auf einem stationären Ofen backenden Teigstück zeigt, während die beiden anderen mit Hilfe eines entsprechend langen Thermoelementes in einem Durchlaufofen aufgenommen wurden. Wie man sieht, kann nahezu vollkommene Übereinstimmung erzielt werden.

Mit den Feuchtigkeitsverhältnissen beim Backen von Roggenbrot beschäftigt sich eine Unzahl von Patenten. Es wurden die verschiedensten Hauben vorgeschlagen, die die Teigstücke am Ofeneinlauf überdecken und dann wieder freigeben sollten. Tatsächlich ist es auch gelungen, auf diese Weise erstklassiges Brot zu erbacken. Für Weißgebäck, das auf das Band direkt aufgesetzt wurde, eigneten sich diese Öfen aber nicht. Das Band bestand aus an Ketten befestigten, 7 bis 8 mm starken Stahlplatten, das pro qm Backfläche etwa 330 kg wog. Der Wärmeübergang zwischen Platte und Teig war beim Auflegen für Weizenteig zu groß, so daß von unten eine zu starke Wärmezufuhr erfolgte und die bei dieser Gebäckart beliebten Schnitte und Laugen sich nicht ausbilden konnten.

Heute ist bei den modernen Durchlauföfen das schwere Lattenband durch ein Netzband ersetzt, das pro qm Backfläche etwa 22 kg wiegt. Auf diesen Öfen kann auch sehr gut Weißware erbacken werden; sie sind überhaupt universell verwendbar.

Von der die Teigstücke überdeckenden Schwadenhaube macht man nur mehr bei sehr großen Öfen Gebrauch, wiewohl sie den Dampfverbrauch für die Bedampfung der Teigstücke beim Backen auf etwa die Hälfte herabdrückt. Aber die Komplikationen beim Antrieb dieser Haube, die sich ein Stück mit der Backware mitbewegt, angehoben und gesenkt werden muß, sind so groß, daß man lieber den größeren Dampfverbrauch

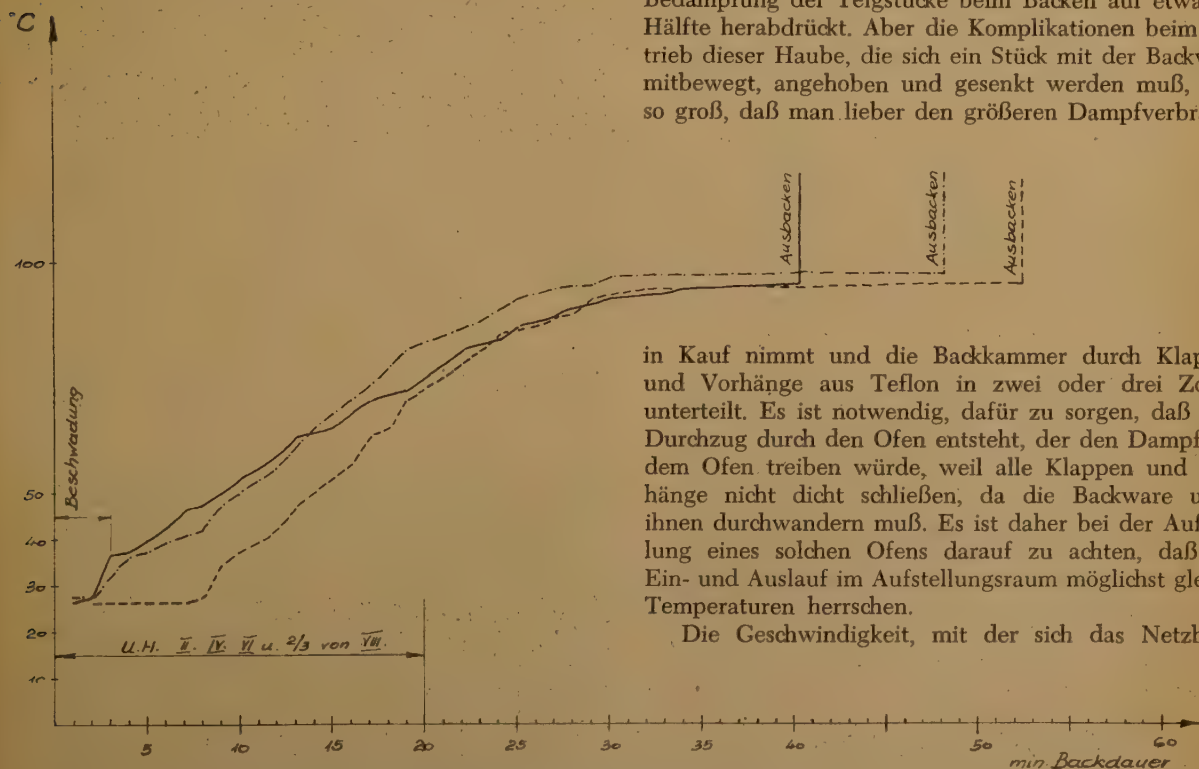


Abb. 3. Brot-Temperaturverlauf während des Backens (exakte Messung)

- am 14. 7. 51 ——— 1 kg Wecken im Maschinenofen-Lehmherd
- am 14. 7. 51 - - - - - 1 kg Wecken im Netzbandofen, 2,5 m Breite und 32 m Länge
- am 25. 7. 51 - - - - - 1 kg Wecken im Netzbandofen, 2,5 m Breite und 32 m Länge; geändertes Heizen

in Kauf nimmt und die Backkammer durch Klappen und Vorhänge aus Teflon in zwei oder drei Zonen unterteilt. Es ist notwendig, dafür zu sorgen, daß kein Durchzug durch den Ofen entsteht, der den Dampf aus dem Ofen treiben würde, weil alle Klappen und Vorhänge nicht dicht schließen, da die Backware unter ihnen durchwandern muß. Es ist daher bei der Aufstellung eines solchen Ofens darauf zu achten, daß am Ein- und Auslauf im Aufstellungsraum möglichst gleiche Temperaturen herrschen.

Die Geschwindigkeit, mit der sich das Netzband

durch den Ofen bewegt, ist abhängig von der Ofenlänge. Ist der Ofen kurz, dann würde bei langer Backdauer und kontinuierlichem Lauf sich das Netzband nur langsam bewegen und die auf ihm liegende Ware zu lange auf dem Band außerhalb des Ofens liegen. In solchen Fällen läßt man das Band intermittierend laufen und setzt die Backware erst kurz vor oder während der Fortbewegung auf, so daß sie sofort in den Ofen kommt. Bei besonders empfindlichen Broten, wie französischem Weißbrot, benützt man einen Aufsetzapparat, auf den die Bröte aufgesetzt, in den Ofen eingefahren und auf das Netzband abgelegt werden.

Bei Netzbandöfen wird auch beim Backen von Roggenbrot die Backatmosphäre stellenweise abgesaugt und nach eventuellem Aufheizen wieder in den Ofen eingeführt. Geschieht dies unmittelbar nach der Bedampfungszone, dann heben sich die Teigstücke besser aus und man erhält eine ziemlich scharfe Trennung der Bedampfungszone von der Ausbackzone. Das auf etwa 200° C überhitzte Dampf-Luftgemisch führt den Teigstücken, über die es streicht, rasch Wärme zu und regt die Gasbildung an. Gleichzeitig trocknet es sie ab und verhindert das Reißen der Rinde.

Ein halbautomatischer Netzbandofen ist noch zu erwähnen, der in Österreich entwickelt wurde, aber bisher nur in Deutschland zur Aufstellung kam. Abb. 4

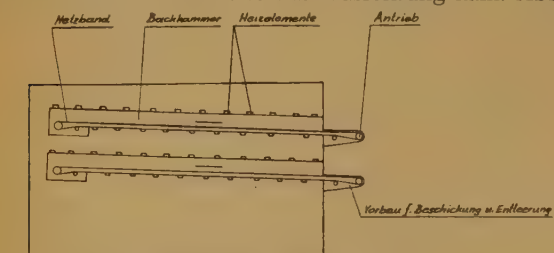


Abb. 4. Netzbandofen mit Vor- und Rücklauf

zeigt das Schema dieses Ofens. Der halbautomatische Netzbandofen besitzt zwei übereinanderliegende Backkammern, die nur vorne eine über die ganze Herdbreite gehende Mundtüre besitzen. In jedem Backherd läuft ein Netzband ein, auf das die Backware aufgelegt und in den Ofen gebracht wird. Ist das Netzband voll belegt, dann wird dasselbe stillgesetzt und der Backvorgang im Ofen geht vor sich. Nach Beendigung desselben wird das Netzband in umgekehrter Richtung bewegt und die Backware aus dem Ofen herausbefördert und abgenommen.

Bei den Gehängeöfen werden an Ketten aufgehängte Rahmen, in denen Steinplatten liegen, durch den Ofen geführt. Die Beschickung erfolgt etwa in Kettenradmitte, dann steigt das Gehänge auf in die Dampfzone. Die Bewegung erfolgt schrittweise, so daß die Beschickung durch die Ofentüre mit Hilfe eines Auflegeapparates leicht bewerkstelligt werden kann. Wenn diese Gehängeöfen zum Backen von Roggenbrot verwendet werden, ist es vorteilhaft, die Bedampfung unter einer sich im Stillstand auf die Backplatten aufsetzenden Schwadenhaube vorzunehmen.

Die modernen Öfen dieser Bauart haben nur zwei Backkanäle. Der obere wird bei Roggenbrot zum Teil mit Dampf gefüllt gehalten, was durch teilweises Öffnen der Abzüge geschieht. Im unteren Kanal erfolgt das Ausbacken im nahezu dampffreien Raum, da der sich bildende Schwaden in den oberen Kanal entweicht.

Ungefähr nach Durchlaufen von zwei Drittel des unteren Kanals werden die Gehänge gekippt, so daß das auf ihnen liegende Backgut abrutscht und auf ein querliegendes Transportband fällt. Der übrige Teil des unteren Kanals dient zum Aufheizen der Backplatten, die bei Roggenbrot eine Temperatur von wenigstens 200° haben müssen.

Gehängeöfen werden schon lange zum Backen von Weizengebäck verwendet. Diese Öfen haben aber keine Kippstation und kein Transportband innerhalb des Ofens, um jeden Durchzug beim Öffnen der Türe zu vermeiden. (Die Dampfabzüge sind bei Weizengebäck stets geschlossen.) Die Backware wird durch die Beschickungsöffnung aus dem Ofen entfernt.

Heizung

Die Heizung der automatischen Backöfen kann mit Elektrizität, Gas, Öl oder Kohle erfolgen. In Österreich werden derzeit von insgesamt 37 Öfen mit 1 723 qm Backfläche für Brot und Weißgebäck 15 Öfen mit 680 qm Backfläche elektrisch und einer mit Gas beheizt. Die elektrische Heizung ist die sauberste und anpassungsfähigste, sie kann aber nur direkt erfolgen. Die Regelung geschieht mit Hilfe von Thermostaten, die über und unter den Backgutträgern angeordnet sind und die Temperaturen nach Zonen regeln. Manchmal wird in der Oberhitze ein Wärmespeicher am Einlauf eingebaut, um die Temperaturänderungen in engeren Grenzen zu halten und das Heizungssystem träger zu machen. Man hat zwar auch versucht, den billigen Nachtstrom auszunutzen und hat zu diesem Zweck getrennt vom Backofen einen mit Luftkanälen versehenen Wärmespeicher aufgestellt, der durch Widerstände nachts beheizt wurde. Durch die Kanäle wurde bei Inbetriebnahme des Ofens Luft geblasen, die sich erhitze und ihre Wärme im Backofen abgeben sollte. Die Heißluft wurde in Kanälen über und unter dem Netzband geführt und sollte den Backraum erhitzen. Diese Versuche haben kein Ergebnis gebracht.

Wichtig ist bei allen Beheizungsarten das richtige Verhältnis von Oberhitze zur Unterhitze. Bei Kleingebäck wird mehr Oberhitze, bei Großbrot mehr Unterhitze gebraucht. Es muß daher die Wärmeverteilung geregelt werden können, was bei elektrischer Heizung durch Zu- und Abschalten von Heizelementen geschieht. In den letzten Jahren ist im Ausland versucht worden, mit Hilfe von Hochfrequenz die Teigstücke von innen heraus zu erwärmen und anschließend mit Infrarotstrahlen die Bräunung und Krustenbildung herbeizuführen.



Abb. 5. Netzbandofen mit elektrischer Heizung

führen. Eingehende Versuche haben gezeigt, daß eine etwas bessere Volumenbildung und eine geringe Verkürzung der Backdauer erreicht werden kann, daß aber der Aufwand für die notwendigen Hochfrequenzgeneratoren und die Betriebskosten derzeit noch zu groß ist und daß das Backen mit einem solchen Ofen hohe Anforderungen an die Bedienung stellt.

Konstruktion

Es ist selbstverständlich, daß automatische Backöfen nicht mehr gemauert, sondern in Stahlbaukonstruktion ausgeführt werden. Der eigentliche Ofenkörper wird aus einzelnen Schüssen, die aus Stahlblech geschweißt sind, unter Verwendung von Dichtungen zusammengeschraubt. Der Innenkörper muß dampfdicht sein. Der Außenkörper wird gleichfalls aus Stahlblech möglichst ohne Verbindung mit dem Innenkörper aufgestellt

und der Zwischenraum mit Glas- oder Steinwolle ausgefüllt. Auf die Dehnung des Innenkörpers bei der Erwärmung muß Rücksicht genommen werden. Selbstverständlich ist auch die weitgehende Verwendung von Wälzlagern, die meist mit Sonderluft ausgeführt werden. Die Schmierung von im Ofen laufenden Ketten darf nicht mit Öl vorgenommen werden. Kolloidaler Graphit oder Molybdädisulfid ist zu verwenden.

Das Einschalten der Elektromotoren und der Stromkreise für die elektrische Heizung erfolgt durch Schützen. Das absatzweise Laufen von Gehängeöfen und die intermittierende Bedampfung werden durch elektronische Zeitschalter gesteuert.

Das Aussehen der Öfen mit den emaillierten Vorderfronten und den elfenbeinlackierten Seitenwänden, die von polierten Aluminiumleisten gehalten werden, entspricht dem modernen Geschmack (Abb. 5).

Bericht über die Arbeiten des IV. Internationalen Elektrowärmekongresses, 1959, Stresa

Sektion III: Eisen- und NE-Metallgießerei

Das Arbeitsgebiet der Sektion III erstreckt sich im wesentlichen auf die Anwendung der Elektrowärme in der Eisen- und NE-Metallgießerei.

Den Vorsitz führte S. TORESSON (Schweden); Vizepräsident war Herr H. GLOOR (Schweiz) Generalberichterstatter Herr M. DECROP (Frankreich), Sekretär Herr M. H. YAMAGUCHI (Japan); als Mitglied der Sektion war Herr F. BECK (Österreich) tätig.

Das Arbeitsprogramm umfaßte 17 Berichte, die in fünf Gruppen zusammengefaßt besprochen wurden.

Von diesen Berichten stammten vier aus der Deutschen Bundesrepublik, je drei aus Frankreich und Großbritannien, zwei aus der Schweiz und je einer aus Italien, Japan, den Niederlanden, Österreich und der UdSSR.

Gruppe I: Schmelzen von Eisen und NE-Metallen

Bericht 305: A. ADAMEC: „Wirtschaftliches Schmelzen von NE-Metallen.“

Das Ziel dieser Arbeit galt der Ermittlung des wirtschaftlichen Schmelzaggregates in der NE-Metallindustrie. Zu diesem Zweck unterzog der Autor die gebräuchlichsten in der NE-Metallindustrie in Verwendung stehenden Ofenanlagen einer eingehenden Vergleichsstudie. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde in erster Linie der nicht zu unterschätzende Metallverlust bei den einzelnen Ofensystemen sowie der Energiebedarf bei den verschiedenen Messingsorten sowie Aluminium und Zink bei gleicher Gattierung und Schmelzzeit behandelt. Zum Abschluß bringt der Autor eine Schmelzkostenberechnung und veranschaulicht an Hand von zwei konkreten Beispielen die wirtschaftliche Überlegenheit der induktiv beheizten Ofenanlagen gegenüber den anderen allgemein bekannten Beheizungsarten.

Bericht 312: ULMER u. DECROP: „Das elektrische Schmelzen in der Formgießerei der NE-Metalle.“

Auch diese Arbeit beschäftigt sich mit den wirtschaftlichen Fragen der in der NE-Metallindustrie verwendeten Schmelzöfen. Die Autoren weisen besonders darauf hin, daß bei der Schmelzkostenberechnung nicht nur die Energiekosten betrachtet werden dürfen, sondern es müssen auch die Kosten für die feuerfeste Zustellung, der Lohnarbeit sowie der Metallverlust berücksichtigt werden. Ein Vergleich der Schmelzkosten eines mit Masut beheizten Tiegelofens mit einem Induktionsrinnenofen zeigt, daß bei Leichtmetalllegierungen die höheren Energiekosten des Elektroofens durch die Einsparung an Metallverlust ausge-

glichen werden. Bei Kupferlegierungen hingegen ergeben sich für beide Ofensysteme die gleichen Energiekosten. Die Minderung des Metallverlustes beim Elektroofen stellt somit einen beachtlichen Vorteil dieses Ofensystems dar.

Bericht 313: ULMER u. DECROP: „Das elektrische Schmelzen in der Formgießerei der Eisenmetalle und Schmelzöfen für Eisenlegierungen.“

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den Schmelzöfen in der Eisengießerei. Die Autoren berichten, daß die niedrigsten Schmelzkosten nur von den klassischen Anlagen, und zwar Kupolofen und Konverter erreicht werden können. Gleichzeitig wird jedoch auf die beachtlichen Nachteile dieser Öfen, wie geringe Regelbarkeit der Temperatur und der Austoßmenge sowie auf die Einschränkungen in der Zusammensetzung des Rohmaterials hingewiesen. Diese Nachteile dürften wohl die Ursache sein, daß der Heroult-Elektroofen mit sämtlichen Kupol- und Konverteranlagen erfolgreich konkurrieren kann. Nach Meinung der Autoren dürfte der Induktionsofen für die Herstellung von Qualitätsstahl und wahrscheinlich auch für die mechanisierte Graugießerei bei kontinuierlichem Betrieb die zweckmäßigste Anlage darstellen.

Gruppe II: Formen- und Kerntrocknung

Bericht 307: H. C. GRASSMANN: „Gußkern-trocknung mit HF-Öfen.“

Der Autor gibt einen kurzen Überblick über die gebräuchlichsten Erwärmungsverfahren bei der Gußkern-trocknung und erörtert in anschaulicher Weise die enormen Vorzüge der Hochfrequenz-trocknung. Induktionsanlagen mit 30 und 60 kW, welche mit einer Frequenz von 15 MHz betrieben werden, werden ausführlich beschrieben und diskutiert. Interessant sind hierbei die geschilderten Maßnahmen zur Vermeidung von Funkstörungen und der Kondenswasserbildung an den Behandlungselektroden. Der Autor gibt ferner einen Überblick über die geeignetsten Kernbinder bei Verwendung der HF-Trocknung und erörtert abschließend die Wirtschaftlichkeit des besprochenen Verfahrens.

Bericht 309: W. ANNEN: „Der transportable elektrische Formentrockner im Einsatz in der Stahl- und Graugießerei.“

Diese Arbeit gibt einen Überblick über die Entwicklung der Trocknungseinrichtungen von Stahl- und Graugußformen. Untersuchungen haben gezeigt, daß der elektrische Formentrockner eine drei- bis fünfmal kürzere Trocknungszeit und einen wesentlich geringeren Energieverbrauch als andere Trocknungsaggregate aufweist. Abschließend bringt

der Autor eine kurze Beschreibung einer transportablen elektrischen Trocknungseinrichtung und verweist hierbei besonders auf die enormen wirtschaftlichen Vorzüge.

Bericht 310: P. HOKKELING und S. J. W. ZANDVOORT: „Anwendung von Infrarotstrahlern bei der Kokillenabformung in der Gießerei.“

Die Autoren dieses Berichtes behandeln die Trocknungsprobleme bei der Kokillenabformung. Bei diesem Verfahren wird bekanntlich das Metall zwischen zwei Kokillen gegossen, die übereinander angeordnet und aus feinem Formsand mit einem wärmebeständigem Harz, z. B. Phenolformaldehyd, gefertigt werden. Durchgeführte Untersuchungen haben ergeben, daß der mit Infrarotstrahlern ausgerüstete Ofen eine wesentlich gleichförmigere Temperatur der Gußformen als der bekannte Heißwindofen gewährleistet. Als weitere Vorteile werden geringere Anlagenkosten und verminderter Energieverbrauch genannt. Abschließend wird eine derartige Anlage, welche mit 20 Quarzlampen von je 1 000 Watt bestückt ist, beschrieben.

Gruppe III: Vakuumschmelzen

Bericht 301: F. L. GLADWIN: „Schmelzen und Abformen im Vakuum-Induktionsofen.“

Der Autor weist darauf hin, daß die Qualitätsansprüche an die metallischen Werkstoffe bereits so weit gesteigert sind, daß man als besonderes Verfahren zur Erzeugung von noch besseren Gußwerkstoffen das Schmelzen im Vakuum entwickelt hat. Im allgemeinen arbeiten diese Öfen unter einem Vakuum von 1–10⁻⁶ Torr und die Leistungen schwanken zwischen 20 und 750 kW. Die Vakuuminduktionsöfen finden ihre kommerzielle Verwendung vor allem für die Herstellung von Spezialstahl, Beryllium, Uran, Kupfer und Nickel. Grundsätzlich werden diese Anlagen in Schmelzöfen mit Einzelbeschickung und in halbkontinuierlich arbeitende Öfen unterteilt. Der Autor beschreibt sodann einige moderne Anlagen mit einem Fassungsvermögen von 23, 270 und 1 000 kg bezogen auf Stahl und schildert ferner die Vorteile des halbkontinuierlichen Betriebes.

Bericht 315: ALTHAUSEN und SHETZOV: „Einige Konstruktionsprobleme bei Hochtemperatur-Vakuum-Elektroöfen.“

Diese Arbeit behandelt die Konstruktionsprobleme von Vakuumelektroöfen und gibt Aufschluß über die Isolation des Induktors bei einer Spannung von 2 000 Volt. Ferner wird über das Verhalten von warmfesten Legierungen bei verschiedenen Unterdruckstufen und Temperaturen berichtet. Die Autoren geben außerdem wichtige Hinweise für die Herstellung von wirtschaftlichen Auskleidungen als Ersatz für die Schirmisolation und bringen die Vorteile einer aus granuliertem Graphit hergestellten Isolation bei Hochtemperaturöfen.

Bericht 311: P. C. M. PENZA: „Öfen für das Schmelzen von Uran.“

Im ersten Teil dieses Berichtes faßt der Autor die chemischen Verfahren zusammen, die es gestatten, aus dem Mineral metallisches Uran zu gewinnen. Der zweite Teil widmet sich dem Umschmelzen des metallischen Urans im Vakuuminduktionsofen und gibt Aufschluß über die Verfahrensweise sowie die erzielten Betriebsergebnisse. Die zur Diskussion stehende Schmelzofenanlage wird an Hand zahlreicher Bilder erörtert.

Bericht 304: H. YAMAGUCHI: „Halbkontinuierlicher Vakuuminduktionsschmelzofen.“

Diese Arbeit beschreibt einen halbkontinuierlich arbeitenden Vakuuminduktionsofen zum Schmelzen von Nickel und Nickellegierungen. Die Anlage besitzt in der Hauptkammer einen drehbaren Tisch mit sechs Kokillen, wodurch sechs Abgüsse in einem Arbeitsprozess durchgeführt werden können. Die Beschickung mit festem Einsatz wird in einer Hilfskammer vorgenommen. Die vom Autor beschriebene Anlage hat ein Fassungsvermögen von 25 kg und die Leistung beträgt 50 kW bei 10 000 Hz. Die einzelnen Anlagen-

teile werden durch zahlreiche Bilder anschaulich erörtert. Die Lebensdauer des Tiegels wird mit 50 bis 70 Chargen angegeben.

Gruppe IV: Induktionsschmelzen und Warmhalten

Bericht 303: A. G. ALLEN: „Induktionsschmelzöfen.“

Der Autor unterteilt zu Beginn seines Berichtes die einzelnen Induktionsofentypen entsprechend ihren Konstruktionsmerkmalen in Rinnenöfen und rinnenlose Öfen. Die technischen sowie wirtschaftlichen Vergleichselemente werden in anschaulicher Weise zusammengefaßt und auf die wichtigsten Faktoren, welche bei der Wahl einer Ofenanlage ausschlaggebend sind, hingewiesen. Abschließend gibt der Autor eine Gegenüberstellung der Investitions- und Betriebskosten für die einzelnen Induktionsofentypen.

Bericht 308: B. DEMMIG und H. ESSMANN: „Über die konstruktive und betriebliche Entwicklung von kernlosen NF-Induktionsschmelzöfen.“

Dieser Bericht gibt einen Überblick über die neuere Entwicklung der kernlosen Induktionsschmelzöfen für Netzfrequenz und die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten in der modernen Gießerei. Als die ersten betriebsreifen Netzfrequenz-Induktionstiegelöfen werden Magnesiumschmelzöfen mit Stahlriegel und mehrphasigem Anschluß genannt. Die Entwicklung führte dann zu den heute allgemein einphasig mit Symmetrierungseinrichtung betriebenen Anlagen. In weiterer Folge werden eingehend die automatische Kompensierung und Symmetrierung, die zweckmäßigsten Kupferprofile, die Wasserkühlung und Anlagen mit auswechselbarem Tiegel beschrieben. Ein weiterer Teil des Berichtes widmet sich den betrieblichen Anwendungsmöglichkeiten der einzelnen Anlagen für Magnesium, Aluminium, Gußeisen einschließlich Duplexbetrieb, Stahl, Kupfer und Kupferlegierungen. Abschließend werden Zustellungsfragen und die Betriebskosten erörtert.

Bericht 306: E. CALAMARI: „Beitrag zur Vervollkommnung der Rinnen-Induktionsöfen.“

Der Autor gibt einen Überblick über die verschiedensten Entwicklungsphasen des Induktionsrinnenofens und beschreibt sodann eine Anlage mit kleiner Leistung. Im Anschluß daran erörtert der Autor, wie nach dem besprochenen Prinzip Anlagen mittlerer und großer Leistung gebaut wurden. Für jede Type sind Konstruktionseinzelheiten und Vervollkommnung angegeben, die ihre Anwendung für das Schmelzen der verschiedensten Metalle und Metallegierungen ermöglichen. Ferner wird ein Ofentyp, welcher besonders für das Schmelzen von Eisenlegierungen entwickelt wurde, beschrieben. Abschließend beschäftigt sich der Autor mit den letzten Entwicklungen auf diesem Ofengebiet und erörtert eine Anlage mit halb eingebauter und halb offener Rinne.

Bericht 302: M. GIBBS, R. H. BARFIELD und E. C. LEWIS: „Induktions-Warmhalteofen mit Netzfrequenz für die Abformung von Matrizen mittels des Eigengewichtes bei Niederdruck.“

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den speziellen Bedingungen eines Leichtmetallwarmhalteofens für die Abformung von Matrizen mittels des Eigengewichtes bei Niederdruck. Die hierfür entwickelte Ofenkonstruktion, welche eine gewisse Abart des Netzfrequenzinduktionsofens mit Eisentiegel darstellt, wird eingehend beschrieben. Es handelt sich hierbei um eine Anlage mit einem Fassungsvermögen von 140 kg Leichtmetall und einer Leistung von 25 kW bei 40 Hz. Der Bericht umfaßt ferner alle Einzelheiten des Temperaturkontrollsystems sowie die Arbeitscharakteristik des Ofens.

Gruppe V: Theoretische Fragen

Bericht 317: R. LETHEN, „Wandlungen in der Schmelztechnik von Leichtmetall.“

Der Autor weist zu Beginn des Berichtes darauf hin, daß nach der neueren Schmelztechnik von Leichtmetall die

kombinierten Schmelz- und Warmhalteanlagen vielfach durch getrennte Öfen abgelöst werden. Als Schmelzaggregate finden in neuerer Zeit vorwiegend Netzfrequenz-Induktionstiegelöfen und als Abstehe- bzw. Warmhalteöfen Rinneninduktionsanlagen Verwendung. Die wirtschaftliche Überlegenheit der induktiv beheizten Ofenanlagen wird an Hand von Beispielen ausführlich erörtert. Nach den Aussagen des Autors tritt auch bei kleinen Ofeneinheiten, welche vorwiegend in Druckgießereien ihre Verwendung finden, der Induktionsrinnenofen immer mehr in Erscheinung. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Öfen mit zwei Herdräumen, bei denen die Säuberung der Schmelzkanäle bei jedem Betriebszustand vorgenommen werden kann.

Bericht 316: B. MARINCEK: „Die Metallurgie des Gußeisens im Induktionsofen.“

Der Autor gibt zu Beginn dieses Berichtes einen kurzen Einblick in die Metallurgie des Gußeisens und erörtert sodann die für das Schmelzen, Überhitzen und Warmhalten in Betracht kommenden Induktionsanlagen. Obwohl aus den bisherigen Erfahrungen der Induktionsofen als das ideale Aggregat angesehen werden kann, müssen jedoch verschiedene Faktoren, von denen die Metallurgie der Gußeisenschmelze abhängig ist, berücksichtigt werden. Besonderes Augenmerk soll hierbei der Badbewegung geschenkt werden. Eine zu starke Zirkulation fördert bekanntlich die Reaktionen mit der Luftatmosphäre und der Stampfmasse.

Sektion IV: Mechanische Industrie

Die Sektion IV befaßt sich mit dem Sachgebiet der Elektrowärmeanwendung in der mechanisch verarbeitenden Industrie. Den Vorsitz hatte Herr M. F. FERRE (Italien), unterstützt von Herrn M. WEITBRECHT (Deutschland), inne der Generalbericht wurde von Herrn M. P. BOLLINI (Italien) erstattet; das Sekretariat führte Herr M. T. TIZIAN (Italien). Die 24 Berichte können, nach der Art der Wärmeerzeugung im Gut, in zwei große Sachgebiete eingeteilt werden:

1. Die Widerstandserwärmung, umfassend die Erwärmung auf indirektem und direktem Wege sowie das Schweißen, und
2. die induktive Erwärmung, umfassend die Erwärmung durch Nieder-, Mittel- und Hochfrequenz.

1. Widerstandserwärmung

Auf dem Gebiete der widerstandsbeheizten Öfen sind einige Verfahrensverbesserungen festzustellen, doch war eine revolutionäre Weiterentwicklung mit Rücksicht auf den relativ hohen Vollkommenheitsgrad dieser Öfen nicht zu erwarten.

Ein Sektor, der möglicherweise bemerkenswerte Entwicklungen verspricht, ist die Wärmebehandlung von Metallen und Legierungen unter Vakuum. Der Bericht Nr. 411 von M. DONOVAN, „Entwicklung der widerstandsbeheizten Vacuumöfen“ gibt in kurzgefaßter Form einen guten Einblick in dieses Gebiet, er enthält zahlreiche Diagramme über das Verhalten der Widerstandsmaterialien unter Vakuum, vor allem im hohen Temperaturbereich, sowie über die Wirksamkeit von Strahlungsschutzschirmen.

Zwei beachtenswerte Berichte, Nr. 417 und Nr. IV e) von G. POMEY, liegen über das Verhalten und die Mikrostrukturveränderungen feuerfester Stähle und Legierungen in Gas- aufkohlungs- und Nitrieratmosphären vor. Diese Versuche wurden im Auftrag des französischen Komitees für Elektrowärme durchgeführt. Wenngleich die Ergebnisse lediglich aus zahlreichen Laboratoriumsversuchen hervorgegangen sind, so sind sie gleich wichtig für die praktische Anwendung beim Bau von Gasaufkohlungsöfen. In diesem Zusammenhang sei auch auf den Bericht Nr. 414 von C. H. STEVENSON

Bei der Planung einer Induktionsofenanlage soll daher in erster Linie die Frequenz der Anlage in bezug auf die künftige Arbeitsweise richtig gewählt werden. Abschließend widmet sich der Autor der Behandlung der Gußeisenschmelze durch Zugabe von pulverigen Stoffen und durch Spülen mit Gas.

Bericht 314: F. FRÖHR: „Neuere Gesichtspunkte und Lösungen zur automatischen Symmetrierung und Kompensierung von einphasigen Ofenlasten in Drehstromnetzen.“

Zu Beginn dieses Berichtes werden die allgemeinen Forderungen beim Anschluß einphasiger Ofenlasten an das Drehstromnetz, welches gleichmäßig belastet werden soll, erörtert. In weiterer Folge wird die automatische Blindlastkompensation und Phasensymmetrierung an Hand eines Beispiels einer ausgeführten Anlage beschrieben. Zum Abschluß weist der Autor darauf hin, daß nicht nur die Kompensierung, sondern auch die Netsymmetrierung einer einphasigen Ofenlast wegen der Ungenauigkeit einer Steuerung von Hand mit Hilfe einer Automatik durchgeführt werden soll.

Nahezu alle Berichte wurden von den anwesenden Kongreßteilnehmern einer umfangreichen Diskussion unterzogen. Bedauerlicherweise fanden diese Diskussionen nur im Rahmen der Fachexperten der einzelnen Erzeugerfirmen statt. Interessant wäre auch die Meinung und das Urteil der Verbraucher derartiger Anlagen und Geräte gewesen.

A. ADAMEC

hingewiesen, der offene Heizelemente in Gasaufkohlungsöfen behandelt. Die immer wieder auftretende Gefahr von Durchschlägen an den Heizelementen als Folge einer Verroßung konnte nach Schilderung des Berichterstatters durch Vergrößerung der Oberfläche und beträchtliche Verkleinerung der Anschlußspannung vermieden werden. Die Heizelemente sind in ähnlicher Form wie die bei uns bekannten Felgenreizkörper ausgebildet. Mit Rücksicht auf die geringe Anschlußspannung bei erhöhten Temperaturen wurden besondere Trafos entwickelt, die unmittelbar an die Ofenwand angebaut sind.

Ein weiterer Bericht, Nr. 412, von A. SOURDILLON, befaßt sich mit der Chargierung und Lagerung von Gut in Vertikalöfen; ferner liegt eine ausführliche Arbeit (Nr. 405 von K. ROSSBACHER) vor, die das Gebiet der Bandstahlhärtung und -vergütung behandelt. Ein weiterer Bericht, Nr. 409 von F. SANTINI, befaßt sich mit der Wärmebehandlung von Aluminium in Durchlauföfen mit Luftumwälzung. Der beschriebene Ofen stellt aber bei einem Durchschnittsverbrauch von 400 kWh/t Aluminium kaum eine empfehlenswerte Lösung dar.

Demgegenüber liegt eine für den Ofenbauer interessante Abhandlung Nr. 413 von R. RAUCH vor, die sich mit der Weiterentwicklung des elektrisch beheizten Luftumwälzofens zum Aushärten von Leichtmetallblechen befaßt. Metallurgische, verfahrenstechnische und wirtschaftliche Gesichtspunkte werden eingehend beleuchtet und mit Bildern und Diagrammen belegt.

Schließlich seien noch zwei Berichte über Salzbadöfen erwähnt, von denen sich der eine, Nr. IV c) von L. B. ROSSEAU, mit den gegenwärtig in den USA angewendeten Prozessen für das Hartlöten durch Eintauchen befaßt, während der andere (Nr. 401 von E. ZMIHORSKI) Elektroöfen mit vier Elektroden bei Anschluß an drei Phasen behandelt. Auch dieser Vorschlag stellt keine Neuentwicklung dar. Der mit vier in der Tiefe gestaffelten Ringelektroden beheizte Tiefofen hat den Mangel, daß die Stromaufnahme des Ofens durch das eingetauchte Gut, es handelt sich um Stangen oder Rohre, ganz beträchtlich beeinflusst wird.

Die direkte Widerstandserwärmung, bei der das Gut selbst als elektrischer Widerstand verwendet wird, begegnet

steigendem Interesse in der nachverarbeitenden Eisen- und Stahlindustrie. Die Vorteile dieser Erwärmungsart machen die Elektrowärme gegenüber allen anderen Beheizungsarten durchaus konkurrenzfähig. Tatsächlich steht die Widerstandserhitzung von Halbzeug im Walzwerk oder auch von Walzstäben zwecks anschließender Warmbehandlung, wie der Verfasser des Berichtes Nr. 403, L. D'ANDREA, feststellt, erst am Anfang der Entwicklung. Der Elektrowärme fällt somit eine auch absatzseitige Ausweitungsmöglichkeit zu, mit welcher bis vor kurzem kaum zu rechnen war. Als wesentliche Vorteile dieser Erwärmungsart werden erwähnt: die rasche Aufheizung des Gutes, damit verbunden eine beträchtliche Verminderung der Zunderverluste, Einsparung großer Ofeneinheiten und eine Qualitätssteigerung durch Erzielung eines feinkörnigen Gefüges. Der Verfasser des Berichtes Nr. 406, H. STICH, beschreibt die Anheizung von Walzknüppeln bis auf etwa 500° C in einem herkömmlichen Vorwärmeofen mit anschließender Erhitzung auf 950° C binnen 35 Sekunden durch direkte Widerstandsheizung. Als besonders interessant sei der Vorteil erwähnt, daß die Blöcke keinen Temperaturabfall von der Oberfläche zum Kern, sondern in gerade umgekehrter Richtung vom Kern zur Oberfläche aufweisen.

Ein eingehender Bericht (Nr. 404 von E. HOERMANN) liegt vor über die Herstellung längsnahtgeschweißter Rohre, in dem die verschiedenen Verfahren der Schweißung, die Schweißanlagen und deren elektrische Einrichtungen in übersichtlicher Weise geschildert werden. Eine Übersicht zeigt die Anwendungsbereiche der einzelnen Schweißarten hinsichtlich Dimension und Leistung.

Mit Rücksicht auf den Produktivitätszuwachs hat das französische Schweißinstitut Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Hochdurchdringungs-Schweißung durchführen lassen. Die wachsende Bedeutung dieses Schweißvorganges auf allen Gebieten der Technologie dürfte dieser Mitteilung (Bericht Nr. IVa) von A. GAUBERT) besonderes Interesse verleihen.

2. Induktionserwärmung

Das Prinzip der Induktionserwärmung ist zwar schon seit Jahrzehnten bekannt, doch hat diese Erwärmungsart erst in den letzten Jahren in die Industrie Eingang gefunden und hat seither stark an Bedeutung gewonnen. In einem Bericht (Nr. IVd) von M. GLUKHANOV) wird ein kurzer Überblick über den Stand und die Entwicklung der induktiven Erwärmung in der UdSSR gegeben. Eine weitere Arbeit, Nr. IVb) von J. REBOUX, behandelt die Entwicklung neuer Generatortypen mittlerer und hoher Frequenz. Es scheint, daß die induktive Erwärmung schon alle Gebiete der Industrie erfaßt hat. Verständlicherweise kann im Rahmen dieser Besprechung nicht auf die technischen Einzelheiten jeder Mitteilung, noch auf die spezifischen Vor- und Nachteile jeder einzelnen Anwendung eingegangen werden. Zusammenfassend kann aber aus den vorgelegten Berichten der Schluß gezogen werden, daß Induktionsheizungsanlagen für die industrielle Anwendung künftig in Laboratorien entwickelt und geplant werden. Die Heizungsapparate, denn um solche handelt es sich hier, haben eine hohe technische Vollkommenheit erreicht und sind für die Serienerzeugung ausgereift. Die induktive Erwärmung weist Qualitäten auf, wie Schnelligkeit der Aufheizung, Genauigkeit der Temperaturführung, leichte Inbetriebsetzung bei raschster Einsatzbereitschaft, Reinlichkeit usw., wie sie von anderen Beheizungsarten nicht oder nur schwer erreicht werden. Sie eignet sich außerdem ganz besonders zur Einfügung in eine Kette der Serienproduktion. Von den ohne Zweifel sehr interessanten Berichten sollen nur einige kurz erwähnt werden.

Die Arbeit Nr. 402 von R. CHAUDRON behandelt die Erwärmung von Knüppeln aus Nichteisenmetall mittels *Netzfrequenz*. Die erzielbaren Wirkungsgrade bei den verschiedenen Metallen werden in Abhängigkeit vom Widerstand

und der Temperatur angeführt. Eine weitere Mitteilung, Nr. 408 von PUTZ, befaßt sich mit der induktiven Blockerwärmung durch Netzfrequenz für die Warmverformung von Stahl, ein Gebiet, das beträchtlich an Bedeutung zugenommen hat. Interessante Diagramme zeigen vergleichsweise die charakteristischen Größen der verschiedenen Heizungssysteme bei den unterschiedlichsten Arbeitsbedingungen. In 20 Punkten werden die Vorteile der Induktionserwärmung aufgezählt, die praktisch alles zusammenfassen, was die einzelnen Verfasser in gleicher Form, aber mit anderen Worten gesagt haben.

Mit Wirtschaftlichkeitsfragen der *Mittelfrequenz*erwärmung für die nachfolgende Warmverformung von Stahl befaßt sich ein weiterer Bericht Nr. 418 von SCHEFFLER. Es wird auf die Bedeutung der praktisch trägheitslosen Leistungsregelung hingewiesen, wie sie z. B. bei absatzweisem Materialvorschub erforderlich ist und welche bei den herkömmlichen Ofenarten infolge der hohen Zeitkonstanten des Ofens nicht möglich ist. Dank dieser Regelung ist es z. B. möglich, Walzknüppel während des Durchlaufes durch das Walzgerüst mit ständig steigender Induktorleistung nachzuheizen, um die Abstrahlungsverluste auszugleichen. Dadurch kann mit gleichbleibender Guttemperatur gewalzt werden. Es wird festgestellt, daß die Wirtschaftlichkeit induktiver Erwärmungsanlagen in Verformungsbetrieben dann gegeben ist, wenn hohe Forderungen in qualitativer und quantitativer Hinsicht gestellt werden.

Mit dem gleichen Thema befaßt sich ein weiterer Bericht Nr. 407 von G. DI PIERI, welcher die rasche Erwärmung von Stangen kleinerer Dimension beschreibt. Auch hier ist, wie schon in einem vorhergehenden Bericht erwähnt, die Induktionsheizung auf die höheren Temperaturen beschränkt, während die Vorwärmung in einem röhrenförmigen Strahlungs-ofen kleinerer Dimension vorgenommen wird. Beide Öfen sind zu einer Einheit zusammengebaut.

Im Bericht Nr. 410 behandelt K. A. ZANDSTRA die Anwendung der Automation auf die Vergütung von tiefgezogenen Gegenständen mittels Induktionsheizung. Das Material wird mittels eines Hubbalkensystems durch die Induktionspulen geführt. Aus metallurgischen Gründen muß die Temperatur innerhalb enger Grenzen konstant gehalten werden; eine automatische Temperaturkontrolle wird daher ungefähr längs der halben Länge der Spulen verwendet.

Auf dem Gebiet der Oberflächenerwärmung mit *Mittel- und Hochfrequenz* wird im Bericht Nr. 406 von H. STICH ein kritischer Vergleich mit den klassischen Verfahren der Einsatz-, Tauch- und Flammenhärtung gezogen. An Hand von Beispielen werden die Einsatzmöglichkeiten der Induktionserwärmung erörtert und Wirtschaftlichkeitsvergleiche angestellt.

M. SHEPILIAKOSKY behandelt in seiner Arbeit Nr. IV f) die neuesten Methoden der Induktionserwärmung von Getriebeträgern mit mittlerem Modul durch Mittel- und Hochfrequenz. Die drei hauptsächlich in Betracht kommenden Möglichkeiten wie Raschzementation bei Anwendung von Mittelfrequenz und Hochfrequenz, Zahnhärtung und Hochfrequenzeinsatzhärtung werden beschrieben. Alle drei Verfahren können im automatischen Produktionsverfahren hergestellt werden.

Ein aktuelles Thema behandelt der Bericht von F. ALF, Nr. 416. Das induktive Entspannen von Schweißnähten ist soweit vervollkommen, daß es für Großbehälter und Kernreaktorbau verwendet werden kann, auch dann, wenn es sich um sehr große Durchschnitte und große Wandstärken handelt. Besondere Gesichtspunkte, die bei den Durchführungen dieser Aufgaben zu bewältigen sind, werden erläutert.

Allen Berichten kann entnommen werden, daß die Möglichkeiten der Induktionsheizung noch nicht erschöpft sind und daß noch interessante Entwicklungen und neue Verfahren zu erwarten sind.

ROSSBACHER

IV. Internationaler Elektrowärme-Kongreß, Stresa, Mai 1959.

Als Abschluß der Berichte über den IV. Internationalen Elektrowärme-Kongreß wird im vorliegenden Heft noch eine österreichische Originalarbeit wiedergegeben und die Referate über die Sektionen V bis IX sowie ein Hinweis auf die Sektion X gebracht. Die Berichte aller Sektionen werden gemeinsam mit den zugehörigen Generalberichten und den während des Kongresses abgehaltenen Diskussionen in den von der Union Internationale d'Electrothermie herausgegebenen Berichtsbänden veröffentlicht.

Die Abkühlung elektrischer Öfen

(Behandlung nach Parabelverfahren)

Von A. LEITNER, Wien¹⁾

Mit 8 Textabbildungen

Der Wärmedämmkörper elektrischer Öfen, der den Glühraum wie eine Schale den Kern allenfalls in mehreren Schichten umgibt, stellt in Aufbau und Form meist an sich schon ein geometrisch einfaches Gebilde dar. Wenn aber insbesondere Öfen in Betracht gezogen werden, bei denen die Dämmwanddicke zu den Glühraumabmessungen in einem solchen Verhältnis steht, daß die Dämmwände als ebene Platte betrachtet werden können, dann liegt der Fall besonders einfach, und es kann zur Ermittlung des Temperaturverlustes nach dem Ausschalten der Heizung ein Verfahren herangezogen werden, das unter dem Namen Parabelverfahren entwickelt worden ist²⁾.

Dort wird von der Annahme ausgegangen, daß die örtliche Temperaturverteilung die sich ausbildet, wenn der einseitig unendlich ausgedehnten Wand zusammen mit ihrem „Kern“ ein konstanter Wärmestrom q zugeführt wird, nach einer Parabel n -ter Ordnung verläuft, also durch die Gleichung

$$t = t_0 \left(1 - \frac{x}{X}\right)^n, \text{ gültig für } x \leq X, \quad (1)$$

dargestellt werden kann (Abb. 1). Darin bedeutet

- t Temperatur im Abstände x vom Wärmeeintritt
- t_0 Temperatur am Wärmeeintritt ($x = 0$)
- X (Wärme-)Eindringtiefe.

Unter „Kern“ wird ein ideeller wärmespeichernder Stoff mit höchster Wärmeleitfähigkeit verstanden mit dem die Wärmeeintrittsfläche der Wand belegt gedacht ist.

Für die Konstanten der Parabelgleichung wurden folgende Beziehungen ermittelt:

$$t_0 = \frac{q}{\lambda n [X + (n-1) S_0]}, \quad (2)$$

¹⁾ Beitrag Österreichs zum IV. Intern. Elektrowärme-kongreß in Stresa, Mai 1959 (s. ÖZE 1959/3, S. 215, und 1958/3, Beilage Elektrowärme, H. 1/2, S. 12).

²⁾ A. Leitner, Nichtstationäre Wärmeleitung (Lösung durch Parabelverfahren). Allg. Wärmetechn., 7 (1956), H. 4, S. 75 bis 82, H. 5/6, S. 112 bis 121.

$$X = \sqrt{4 n a z}, \quad (3)$$

$$\frac{b^2 z}{w_0^2} = \frac{1}{4 n} \left[\frac{(n+1)(n-5)}{(n-3)} \right]^2, \quad (4)$$

wenn bedeutet:

$$S_0 = \frac{w_0}{c \varrho} \text{ ideelle Kernwanddicke} \quad (5)$$

$$a = \frac{\lambda}{c \varrho} \text{ Temperaturleitfähigkeit} \quad (6)$$

$$b = \sqrt{\lambda c \varrho} \text{ Wärmeeindringzahl} \quad (7)$$

w_0 Wasserwert des Kernes je Flächeneinheit

λ Wärmeleitfähigkeit

c spezifische Wärme

ϱ Dichte

z Zeit

Da gewisse Größen in dem Gleichungssystem (1) bis (4) nur implizit gegeben sind, wurden für den praktischen Gebrauch des Verfahrens bereits Leitertafeln entsprechend den Abbildungen 2 und 3 entwickelt³⁾, denen hier noch eine Kurventafel für die relative Wandtemperatur gemäß Abb. 4 angeschlossen wird.

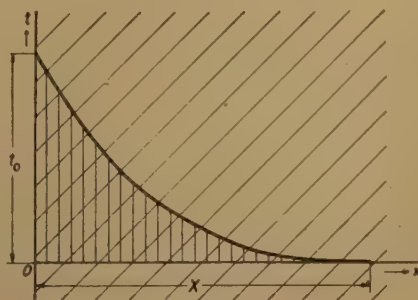


Abb. 1. Parabolisch angenommene Temperaturverteilung in der einseitig unendlich ausgedehnten Wand

³⁾ A. Leitner, Ermittlung der Anheizzeit elektrischer Öfen. „E und M“, 73 (1956), H. 19, S. 461 bis 464.

Durch die Vorstellung der Aufspaltung der „Temperaturwelle“ t_e an der Trennfläche der Medien 1 und 2 (Abb. 5) in einen reflektierten und in einen absorbierten Wellenast (Indizes r und a) konnte das Verfahren auf

bzw. dem Absorptionsfaktor

$$p_a = 1 + p_r, \tag{9}$$

wobei die absorbierte Welle außerdem eine Querverzerrung in der x -Richtung entsprechend dem Faktor

$$p_x = \sqrt{a_2/a_1} \tag{10}$$

erfährt.

Die Vorgänge an den Wandoberflächen ergeben sich als Grenzfälle. So wird beispielsweise die einfallende Welle an einer Oberfläche mit konstanter Temperatur zentrisch-symmetrisch gespiegelt ($p_r = -1$, $p_a = 0$, da $b_2 = \infty$; isotherme Reflexion). Der Newtonsche Wärmeübergang an der Ofenaußenfläche wird mit a als Wärmeübergangszahl bei der isothermen Reflexion durch die rechnerische Vergrößerung der Wanddicke um

$$s_n = \lambda/\alpha \tag{11}$$

berücksichtigt. Solcherart ergibt sich die Darstellung der Reflexion der Temperaturwelle an der Außenhaut des Ofens gemäß Abb. 6.

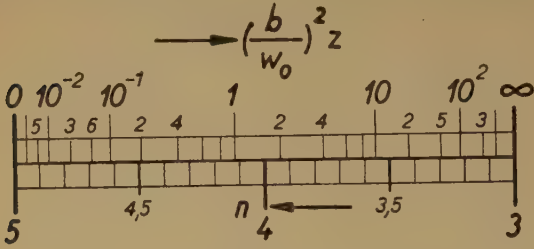


Abb. 2. Leitertafel für die Beziehung

$$n = f \left[\left(\frac{b}{w_0} \right)^2 z \right]$$

geschichtete Wände übertragen werden. Die reflektierte bzw. absorbierte Welle erscheint in der t -Richtung

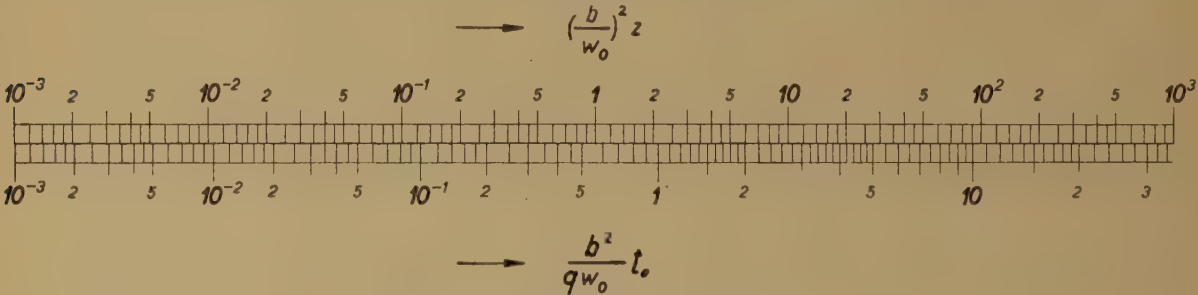


Abb. 3. Leitertafel für die Beziehung

$$\frac{b^2}{q w_0} t_0 = f \left[\left(\frac{b}{w_0} \right)^2 z \right]$$

gegenüber dem in das Medium 2 mit der Überlänge U_e hineinreichend gedachten Teil der einfallenden Welle t_e verzerrt entsprechend dem Reflexionsfaktor

$$p_r = \frac{1 - b_2/b_1}{1 + b_2/b_1}, \tag{8}$$

Für die Wandoberfläche mit Kern — eine solche liegt durch die Deutung der gut leitenden feuerfesten Auskleidung einschließlich aller Einbauten als Kern an der Innenfläche der Wärmedämmung vor — wurden analoge Faktoren gefunden, und zwar:

$$p_{r0} = \frac{1 - n S_0/U_e}{1 + n S_0/U_e}, \tag{12}$$

$$p_{a0} = 1 + p_{r0} = \frac{2}{1 + n S_0/U_e}. \tag{13}$$

Mit diesen Elementen kann nicht nur die Aufheizung elektrischer Öfen (2) behandelt werden, sondern auch deren Abkühlung, wie an Hand eines praktischen Beispiels nun gezeigt werden soll.

Für einen bei 1000°C im stationären Zustand befindlichen Ofen soll die Abkühlung während der Betriebspause über Nacht von 16 Stunden und wäh-

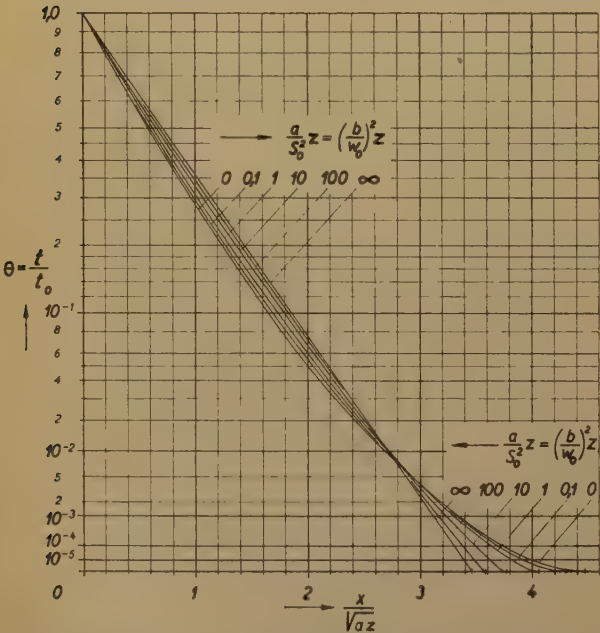


Abb. 4. Kurventafel für die relative Wandtemperatur t/t_0 bei der einseitig unendlich ausgedehnten Wand

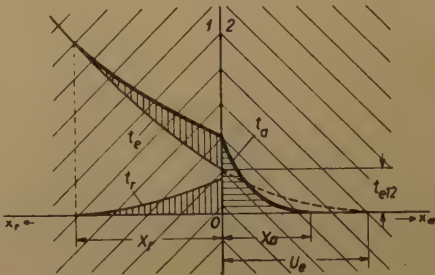


Abb. 5. Aufspaltung der Temperaturwelle an der Trennschicht zweier Medien

rend einer solchen über das Wochenende von 40 Stunden ermittelt werden.

Der Ofen ist mit zwei Schichten verschiedener Wärmedämmstoffe isoliert. Die dünnwandige, feuerfeste Auskleidung gilt zusammen mit den Heizkörpern und deren Trägern als Kern. Im einzelnen liegen die in der Tabelle I zusammengestellten Werte vor. In

Tabelle I

Größe	Dimension	Gl.	Schicht	
			1	2
λ	kcal/m h °C	—	0,24	0,15
c	kcal/kg °C	—	0,214	0,221
ϱ	kg/m³	—	700	450
$\alpha = \frac{\lambda}{c \varrho}$	m²/h	6	0,0016	0,0015
$b = \sqrt{\lambda c \varrho}$	kcal/m² h¹/² °C	7	6,00	3,86
$p_{r12} = \frac{b_1 - b_2}{b_1 + b_2}$	1	8	0,217	
$p_{a12} = 1 + p_{r12}$	1	9	1,217	
$p_{r21} = \frac{b_2 - b_1}{b_2 + b_1}$	1	8	-0,217	
$p_{a21} = 1 + p_{r21}$	1	9	0,783	
S	m	—	0,130	0,200
w_0	kcal/m² °C	—	9	—
$S_0 = \frac{w_0}{c_1 \varrho_1}$	m	5	0,06	—
α	kcal/m² h °C	—	—	7,5
$S_N = \frac{\lambda_2}{\alpha}$	m	11	—	0,02

den λ -Werten mögen die Zusatzverluste durch Wärmekurzschlüsse usw. berücksichtigt sein.

Dem stationären Zustand des Ofens entspricht eine

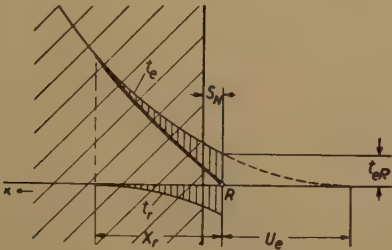


Abb. 6. Isotherme Reflexion der Temperaturwelle mit Newtonschem Wärmeübergang

ganz bestimmte Heizleistung (Leerwert). Sie beträgt bei den angenommenen zwei Dämmschichten bekanntlich:

$$q = \frac{t}{\frac{S_1}{\lambda_1} + \frac{S_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha}}, \tag{14}$$

wenn unter t die Übertemperatur über der Raumtemperatur verstanden wird. Somit beträgt

$$t = 1\,000 - 20 = 980^\circ\text{C}. \tag{15}$$

Damit wird nach Einsetzen in (14):

$$q = 478\text{ kcal/m}^2\text{h} \tag{16}$$

Das Ausschalten der Heizung ist gleichbedeutend damit, daß eine Heizleistung in der Größe des Leerwertes weiter wirksam bleibt und eine gleich große, jedoch negative Heizleistung (Kühlleistung) einsetzt. Letztere gehorcht als zeitlich konstante Heizleistung, die der Dämmwand vom Ofeninnern her aufgedrückt gedacht ist, den gleichen Gesetzen, die nach dem Parabelverfahren für das Aufheizen entwickelt worden sind. Das durch sie erzeugte Temperaturfeld überlagert sich dem stationären Temperaturfeld und baut damit dieses

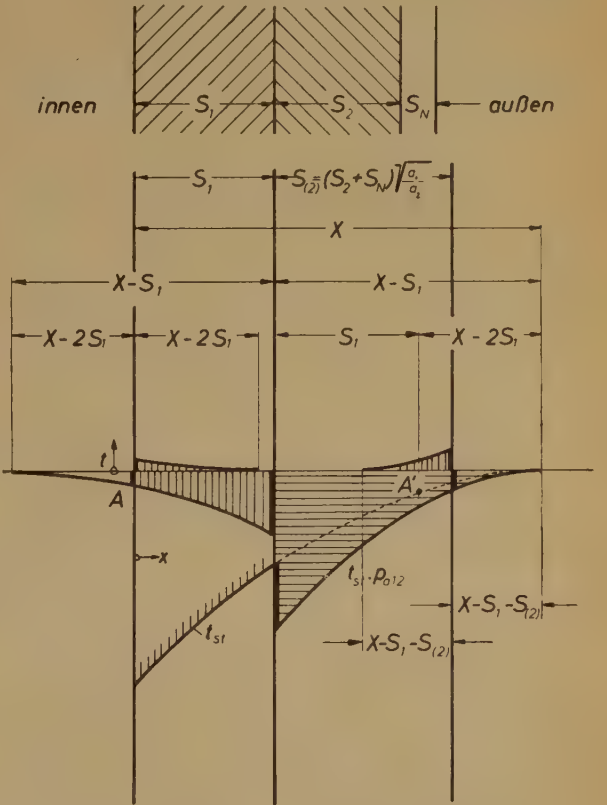


Abb. 7. Verästelung der Kühlwelle (innen Reflexion am Kern, außen isotherme Reflexion)

allmählich ab. Dabei sind natürlich auch die durch Reflexion an den Schichtgrenzen entstehenden Wellenäste wirksam.

Abb.7 zeigt den Entwicklungszustand der Kühlwelle t_{st} samt ihren Ästen für einen Zeitpunkt, in welchem die an der Trennfläche der Schichten 1 und 2 reflektierten bzw. absorbierten Wellenäste eben erst wieder von den Wandoberflächen reflektiert worden sind. Die zurückgelegten Wellenwege sind hiezu vergleichbar gemacht worden, indem im Hinblick auf (10) der Maßstab der Schicht 2 einschließlich der Randschicht geändert worden ist. Es ergibt sich sohin die reduzierte Wanddicke der zweiten Schicht zu

$$S_{(2)} = (S_2 + S_N) \sqrt{a_1/a_2} = 0,288\text{ m}. \tag{17}$$

Das Durcheinanderfluten der einzelnen Wellenäste wird mit fortschreitender Zeit immer verwickelter. Es empfiehlt sich daher auch schon bei so einfachen Aufgaben wie der vorliegenden, einen Durchflutungsplan

anzulegen, um die Übersicht über die zu überlagernden Wellenäste zu behalten.

In Abb. 8 ist der Durchflutungsplan für das Beispiel dargestellt. Er zeigt die reduzierten Wellenwege ausgehend von der Innenfläche (Punkt 0) fortlaufend durch die einzelnen mit ihren Nummern bezeichneten Schichten als radiale Erstreckung von Kreisringsektoren. Die Fortpflanzungsrichtung in der betreffenden Schicht wird durch das Vorzeichen (+ von innen nach außen, — von außen nach innen) angegeben. Die mit A, B, C usw. bezeichneten Bögen entsprechen jeweils der Innenfläche.

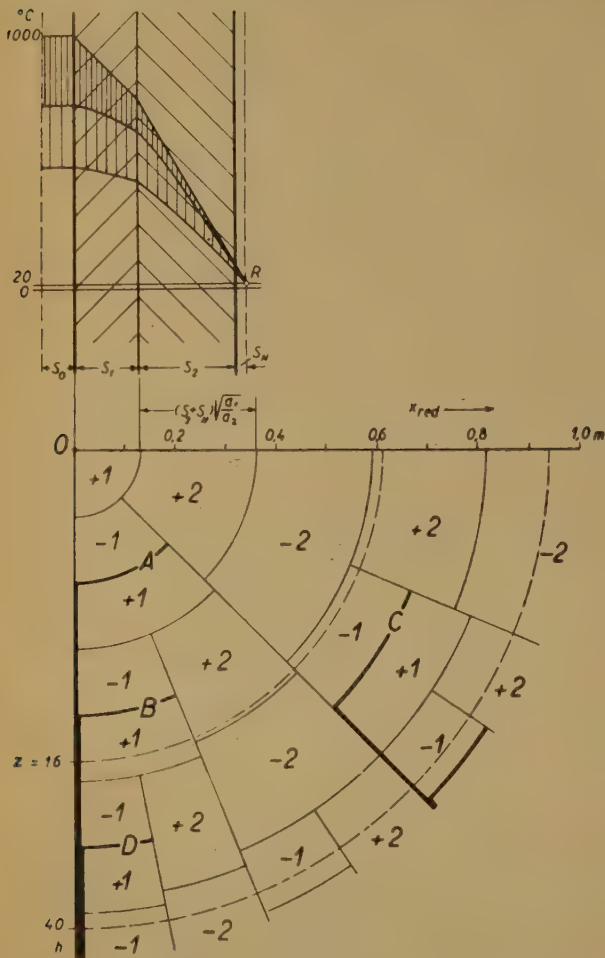


Abb. 8. Durchflutungsplan

Für jeden Zeitpunkt (z. B. für $z = 16$, $z = 40$) lassen sich Bögen einzeichnen, die der auf die Stammwelle reduzierten Eindringtiefe für diesen Zeitpunkt entsprechen und somit angeben, wie weit die Verästelung der Stammwelle gediehen ist.

Durch die vorgenommene Reduktion der x -Maßstäbe unterscheiden sich die Wellenäste von der Stammwelle t_{st0} nur noch durch Proportionalitätsfaktoren. Diese sind die Reflexions- und Absorptionsfaktoren p bzw. Produkte aus denselben. In diesem Sinne lassen sich zu den Temperaturen an der Innenfläche t_A , t_B usw., die durch die Reflexion am Kern auftreten, im Hinblick auf Abb. 4 folgende Verhältniswerte aufstellen (vergl. Durchflutungsplan):

$$\frac{t_A}{t_{st0}} = p_{r12} \cdot p_{aA} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{2 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) =$$

$$= p_{r12} \cdot \frac{2}{1 + n S_0 / (X - 2 S_1)} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{2 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \frac{t_B}{t_{st0}} &= p_{r12} \cdot p_{rA} \cdot p_{r12} \cdot p_{aB} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{4 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) = \\ &= p_{r12}^2 \cdot \frac{1 - n S_0 / (X - 2 S_1)}{1 + n S_0 / (X - 2 S_1)} \cdot \frac{2}{1 + n S_0 / (X - 4 S_1)} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{4 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) \quad (19) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{t_C}{t_{st0}} &= p_{a12} \cdot (-1) \cdot p_{a21} \cdot p_{aC} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{2 S_1 + 2 S_{(2)}}{\sqrt{a_1 z}} \right) = \\ &= -p_{a12} \cdot p_{a21} \cdot \frac{2}{1 + n S / (X - 2 S_1 - 2 S_{(2)})} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{2 S_1 + 2 S_{(2)}}{\sqrt{a_1 z}} \right) \quad (20) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{t_D}{t_{st0}} &= p_{r12} \cdot p_{rA} \cdot p_{r12} \cdot p_{rB} \cdot p_{r12} \cdot p_{aD} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{6 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) = \\ &= p_{r12}^3 \cdot \frac{1 - n S_0 / (X - 2 S_1)}{1 + n S_0 / (X - 2 S_1)} \cdot \frac{1 - n S_0 / (X - 4 S_1)}{1 + n S_0 / (X - 4 S_1)} \cdot \frac{2}{1 + n S_0 / (X - 6 S_1)} \cdot \theta \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2}, \frac{6 S_1}{\sqrt{a_1 z}} \right) \quad (21) \end{aligned}$$

Die Formel für den Temperaturverlust an der Innenwand durch Auskühlen des Ofens muß also lauten

$$\Delta t_i = t_{st0} \left(1 + \sum_{k=A}^{k=D} \frac{t_k}{t_{st0}} \right) \quad (22)$$

Die Rechenergebnisse sind in der Tabelle II zusammengestellt.

Tabelle II

Größe	Di- men- sion	Gl.	Abb.	z in h	
				16	40
$\frac{b_1^2 z}{w_0^2}$	1	—	—	7,11	17,8
n	1	—	3	3,64	3,44
$X = \sqrt{n \cdot 4 a_1 z}$	m	3	—	0,610	0,940
$t_{st0} = \frac{q w_0}{b_1^2} \cdot f \left(\frac{b_1^2 z}{w_0^2} \right)$	°C	—	2	—265	—468
t_A / t_{st0}	1	18	4	0,036	0,108
t_B / t_{st0}	1	19	4	0,000	0,002
t_C / t_{st0}	1	20	4	—	—0,007
t_D / t_{st0}	1	21	4	—	0,000
$\Delta t_i = t_{st0} \left(1 + \sum_{k=A}^{k=D} \frac{t_k}{t_{st0}} \right)$	°C	22	—	—274	—517
$t_i = 1000 + \Delta t_i$	°C	—	—	726	483

Somit fällt die Temperatur des Ofens über Nacht um 274° C auf 726° C und über das Wochenende um 517° C auf 483° C.

Bericht über die Arbeiten des IV. Internationalen Elektrowärmekongresses, 1959, Stresa

Sektion V: Elektrowärmeanwendung in der Industrie für Glas, Glasuren und Keramik

Den Vorsitz in dieser Sektion führte Herr B. LONG, Frankreich, Vizepräsident war Herr J. J. Roos, Holland; Generalberichterstatte Herr P. LABURTHE, Frankreich; das Sekretariat hatte Herr G. HIRNE, Frankreich, inne.

Insgesamt waren acht Arbeiten eingereicht, von denen sich zwei mit der Glasherstellung, fünf mit Öfen für die keramische Industrie und eine mit Öfen für die Emailindustrie befaßten.

Gruppe I: Glasherstellung

Das elektrische Schmelzen von Glas

Im Bericht 501 beschreibt P. A. M. GELL die bis vor kurzem in der Glasindustrie angewandten Methoden zur Herstellung von Glas. Bei den brennstoffbeheizten Öfen wird die erforderliche Wärme durch Strahlung auf das Schmelzgut übertragen.

Diese Beheizungsart hat jedoch große Nachteile, da die Verluste 80–95% der erzeugten Wärme betragen. Es wird nur ein verhältnismäßig geringer Teil der Wärme für die Umwandlung des Rohmaterials in fertiges Glas verwendet.

Gell verweist in diesem Zusammenhang auf die bereits vor Jahren gewonnene Erkenntnis, daß ein besserer Wirkungsgrad erzielt wird, wenn die Wärme im Glas selbst entwickelt wird. In diesem Zusammenhang werden verschiedene Ofentypen beschrieben, welche, ähnlich den brennstoffbeheizten, eine horizontale Bauart aufweisen. Die Rohmaterialien werden an einem Ende des Ofens eingebracht und der Fluß geht waagrecht durch die Schmelzzone, die Fertigungszone und dann durch eine Verjüngung zum Ofenende, zum Verarbeitungsplatz. Je nach der Elektrodenanordnung und der in den verschiedenen Zonen auftretenden max. Wärmeentwicklung lassen sich zwei Gruppen unterscheiden. Die erste wird unter anderem von SAUVAGEON, RASSER, HITNER und GREBERTSCHNIHOF und die zweite von BOREL und Dr. PEYCHES vertreten. Trotz guter Isolierung haften jedoch diesen beiden Ofengruppen große Strahlungsverluste an. Gell beschreibt nun eine neue Ofengruppe, bei welcher das Glas in vertikaler Richtung bereitet wird. Der Vorteil dieser Anordnung liegt darin, daß das geschmolzene Glas mit einer Lage Rohmaterial bedeckt ist, welches periodisch nachgefüllt wird. Durch die sich bildende Kruste werden die Wärmeverluste des flüssigen Bades auf ein Minimum reduziert. In den Arbeiten von Peyches und Borel wird auf das Werk Cornelius, Ferguson und Finger hingewiesen, welche alle den Wert dieser Rohmaterialkruste als Mittel zur Reduzierung der Wärmeverluste erkannten. Im weiteren Verlauf gibt Gell Angaben über diese neuen Glasschmelzöfen sowie Angaben über Energiebedarf und Strombegrenzung. Weiters sind in der Arbeit auch Angaben über den Schmelz- und Fertigungsprozeß sowie das Mischen während des Schmelzens enthalten. Daß die Möglichkeit gegeben wurde, derartige Öfen zu bauen, liegt in den Fortschritten der Metallurgie des Molybdäns begründet.

Im Bericht 508 von A. E. BOREL, „Die elektrische Heizung der ‚Feeder‘ bei Glasschmelzöfen“, wird versucht, mit Hilfe einiger technischer und praktischer Gegebenheiten zu zeigen, daß die elektrische Energie auch erfolgreich und wirtschaftlich auf einem Gebiet ausgenutzt werden kann, das vor kurzem noch fast ausschließlich flüssigen, festen oder gasförmigen Heizmitteln vorbehalten war. Es handelt sich in diesem Falle um die Beheizung der „Feeder“. Die Feeder sind mehr oder minder weite Kanäle, meist 300–400 mm breit, von sehr unterschiedlichen Längen, mindestens jedoch von einem Meter. Diese Feeder können auch mehrere Meter lang sein. Es hängt dies von der Art und besonders von der Durchsatzmenge des zu bereitenden Glases ab. Die Feeder bestehen aus gegossener Keramik, in der

Regel aus Silimanit. Sie sind zwischen dem Schmelzofen und einem Behälter angeordnet. Der Behälter hat am Boden eine Öffnung, damit das Glas in die Maschine (Gießmaschine) fließen kann. Diese Öffnung im Boden des Behälters wird abwechselnd mit einem Pfriemen geöffnet oder geschlossen, damit das Glas in der gewünschten Zeit und in der verlangten Menge abfließen kann. Dieser Vorgang vollzieht sich automatisch mit Hilfe eines Mechanismus, der der Produktion der Maschine angepaßt ist. Das Glas kommt mit einer durchschnittlichen Temperatur von 1 100–1 300° C in den Feeder und verläßt diesen bei einer Temperatur von 1 050–1 150° C.

Diese Angaben sind Mittelwerte, die sich mit der Art des zu bearbeitenden Glases ändern. Ein Feeder ist also ein Kanal, dessen Hauptzweck es ist, das flüssige Glas abzukühlen und die Notwendigkeit, ein Heizmittel beifügen zu müssen, scheint daher widersinnig zu sein. Dies wäre richtig, wenn der Feeder für eine bestimmte Produktion und für einen regelmäßigen stündlichen Absatz berechnet und vorgesehen wäre. Praktisch ist das aber niemals der Fall. Man muß mit ein und demselben Feeder einen recht variablen Durchsatz erzielen sowie die verschiedenen Glasarten erzeugen können. Wir wissen genau, daß ein elektrisch beheizter Feeder im Durchlaufbetrieb praktisch keinen Energieverbrauch hat. Die häufigsten Heizmittel für Feeder waren bisher Stadtgas, Propangas, manchmal auch Heizöl. Borel zeigt nun mit Hilfe eines Beispiels, daß bei Inbetriebnahme bzw. Umstellen eine Energiezufuhr zwischen 10 000 und 60 000 kg/kal. pro Stunde erforderlich ist. Die praktische Verwendung der für diesen Wärmebedarf erforderlichen Zufuhr an Gas bzw. Elektrizität weist so verschiedene Leistungen auf, daß die elektrische Heizung einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber der Heizung mit Gas oder Öl trotz der höheren Kosten der elektrischen Kalorie hat.

Die Heizkörper aus Siliziumkarbid, die in vier besonders geschützte Gruppen unterteilt sind, werden horizontal über dem Bad angeordnet. Jede Gruppe erhält automatische Temperaturregelung.

Gruppe II: Elektroöfen in der Keramikindustrie

Im Bericht 505 beschreibt L. BENISCHKE Sonderöfen für die keramische und Glasindustrie. Hervorzuheben wären die Ofenbauarten für die Herstellung hochwertiger Ferrite durch Sinterung. An Sinteröfen werden hierbei weitgehende Forderungen gestellt, die Sonderkonstruktionen bedingen. Einige solcher Öfen wurden in dem Referat beschrieben. Die praktischen Erfahrungen, welche während längerer Zeit mit diesen Öfen gesammelt wurden, haben bewiesen, daß der elektrisch beheizte Ofen wie kein anderer geeignet ist, diese schwierigen Betriebsbedingungen zu beherrschen und Erzeugnisse zu liefern, die höchsten Anforderungen entsprechen. Beim Sintern von Ferriten soll das Sintergut je nach der Beschaffenheit eine charakteristische Temperaturzeitkurve durchlaufen. Dabei gilt, daß möglichst an allen Stellen der Kurven, unbedingt jedoch im Bereiche oberhalb 800° C, im Gut selbst keine Temperaturdifferenzen auftreten, die größer als $\pm 5^\circ \text{C}$ sind. Neben dieser Forderung ist zu berücksichtigen, daß das Sintergut fallweise während der Wärmebehandlung, zeitlich aufeinanderfolgend, verschiedenen Ofenatmosphären ausgesetzt werden muß. Je nach Form und Menge der zu sinternden Teile kommen Öfen für periodischen oder kontinuierlichen Betrieb zum Einsatz. Als Heizelemente finden je nach der Höhe der geforderten Nenntemperatur metallische (Chrom-Aluminium-Eisen-Legierungen), keramische (Siliciumstäbe) oder in letzter Zeit auch Molybdänsilizidelemente Verwendung. Außer den Sinteröfen, die als Kammeröfen oder Durchlauföfen verschiedenster Bauart entwickelt wurden, werden in dem Bericht auch Glasöfen zum Anwärmen von Glasstangen beschrieben.

Im Bericht 503, „Elektrizität in der keramischen Industrie“, gibt S. SCHOLEFIELD einen ausführlichen Bericht über den Fertigungsverlauf in der keramischen Industrie. Um Tongegenstände einwandfrei brennen zu können, muß ein Feuchtigkeitsgehalt von 3 bis 4% erzielt werden. Dies bedingt sehr große Trockenräume, die im allgemeinen an die Werkeisanlagen angeschlossen werden. Ob für derartige Zwecke die elektrische Heizung in Frage kommt, hängt nur von den Tarifen ab. Es wurden Versuche unternommen, die Trocknung zu beschleunigen, und zwar auf dielektrischem Wege, doch erwiesen sich diese als nicht erfolgreich. Es bleiben Lunker mit Wassereinschlüssen zurück, durch welche die dann auftretende Dampfbildung das Trockengut zerstört. Wenn sich auf diesem Gebiete ein Weg finden ließe, um den Trocknungsfortgang zu beschleunigen, würden sowohl das Gefahrenrisiko als auch andere Risiken, wie z. B. Ansammlung von Schmutz und Staub, verringert werden. Auch die Zeitverkürzung würde eine wertvolle Verminderung in der Platzbeanspruchung bedeuten. Zum Trocknen von Glasur und Dekor wurde in der Keramik die Infrarot-trocknung erfolgreich angewendet. Sie beschleunigt den Trocknungsprozeß im Verhältnis 10 : 1 und schließt auch beträchtliche Behandlungsrisiken aus.

Bezüglich des Brennens von Keramik sei erwähnt, daß z. B. in England die Anzahl der kohlebeheizten Öfen sehr stark zurückging. Im Jahre 1948 waren ungefähr 1 460 kohlebeheizte Öfen in Betrieb; im Jahre 1956 sank diese Zahl auf 556 und 1957 auf 438. Obwohl einige dieser Öfen auf Gas und Öl umgestellt wurden, so dürfte doch die elektrische Heizung den größten Teil für sich beansprucht haben.

In dem Bericht werden dann Methoden für das Brennen gegeben und auch die erforderlichen Brenntemperaturen, so z. B. für Porzellan Bisquitbrand mit einer Temperatur von 1 220 bis 1 280° C, festgehalten. In seinem Bericht führt Scholefield auch die Ausschußziffern an und rechnet etwa mit 10%. Nach dem Bisquitbrand wird der Glasurbrand beschrieben, der bei Keramik bei 960 bis 1 080° C liegt. Vom Glasurbrand kommt der Autor dann auf den Dekorbrand zu sprechen. Im weiteren Verlauf seines Berichtes beschreibt Scholefield diverse Ofenkonstruktionen und kommt dann zu dem Schluß, daß in England periodisch arbeitende Haubenöfen kontinuierlich arbeitenden Tunnelöfen vorgezogen werden. Im weiteren werden die verschiedenen Widerstandsmaterialien und Anordnungen der Heizwicklungen und Heizstäbe besprochen.

Zum Schlusse wird ein Bericht über das Versagen von Bauteilen an elektrischen Öfen gegeben, und zwar deshalb, weil den nachstehenden Fragen zuwenig Aufmerksamkeit gewidmet wird.

1. Lagerung der Heizwiderstände.
2. Elektrische Leitfähigkeit der feuerfesten Materialien bei hoher Temperatur.
3. Strahlung der Heizwiderstände.
4. Anordnung derselben.
5. Abstand zwischen verschiedene Spannung führenden Teilen.
6. Zweipoliges Abschalten von Reservewiderständen, wenn sie stromlos gemacht werden sollen.

Bezüglich der Temperaturregelung wird in dem Bericht vorgeschlagen, Stromstöße auf Heizwicklungen und Heizstäbe durch Ein- und Ausschalten, insbesondere bei Temperaturen über 1 100° C, zu vermeiden und die Regelung durch Zu- und Abschalten von Reservewiderständen durchzuführen.

Im Bericht 502, „Einige Betrachtungen über Bau und Betrieb von Kanalöfen für Keramik“, beschreibt A. CELLA die Anordnung von Heizwiderständen in Kanalöfen. Als Widerstandsmaterial wird in einem Bereich von 1 000 bis 1 050° C Nickel-Chrom, bei höheren Temperaturen bis 1 250° C Kanthal oder dergleichen verwendet. Zu Beginn der Entwicklung dieser Öfen wurden die Heizspiralen horizontal angeordnet. Dieser Einbau hat jedoch wesentliche

Nachteile ergeben, so daß man sich entschloß, die Heizkörper nunmehr senkrecht in den Ofen einzubauen, da in diesem Falle ein wesentlich besserer Wirkungsgrad erzielt werden kann.

Im Bericht wird erklärt, daß die Öfen mit mehreren Kanälen, deren Leistung sehr gut ist, eine gewisse Starrheit des Temperaturprogrammes aufweisen und die Änderungen der Durchlaufgeschwindigkeit die Temperaturzeitkurve niemals verzerren können.

Gruppe III: Elektroöfen in der Emailindustrie

Im Bericht 504, „Neuentwicklung und Vervollkommnung auf dem Gebiete der Elektroöfen für die keramische Industrie“, von E. MEUCHE wird festgestellt, daß eine wesentliche Verbesserung der Elektrotunnelöfen durch die Anpassung an den Brennprozeß erreicht werden konnte, wodurch Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit gehoben wurden. Durch Wärmerückgewinnung läßt sich die Wärmebilanz wesentlich verbessern. Weiter werden in dem Bericht auch Angaben über ein neuwertiges Aggregat zum Brennen von Steatit bei Temperaturen bis max. 1 400° C gemacht. Dank einer besonders guten Wärmerückgewinnung sind äußerst günstige Energieverbrauchszahlen erreicht worden. In dem Bericht werden Brennkurven für sanitäre Waren gezeigt, die mittels Schlepp-Pyrometers gemessen wurden. Bei dem beschriebenen Tunnelofen, der eine Ofenlänge von 92,5 m hat, wurde ein Energieverbrauch für sanitäre Waren von 0,74 kWh/kg brutto und bei Gebrauchsgeschirr von 0,6 kWh/kg brutto erzielt.

Im Bericht 506, „Wirtschaftlichkeits-Gesichtspunkte bei der Verwendung elektrischer Öfen in der keramischen Industrie“, behandelt J. MASSIEYE die Zukunft der elektrischen Öfen in dieser Industrie. Er zeigt für die Lösung eines bestimmten Problems den Vergleich der zehn von verschiedenen Konstrukteuren vorgeschlagenen Studien. Die zehn Studien beinhalten einen elektrischen Ofen für intermittierenden Betrieb, zwei elektrische Kammeröfen, einen elektrischen Durchlaufofen, einen Tunnelofen mit Kohlenheizung, drei Tunnelöfen mit Gasheizung und einen Kammerofen mit Propanheizung. Der Berichterstatter hat die Kosten der Amortisation über fünf Jahre, die Kosten der Energie, die Kosten der Arbeit und die sozialen Lasten auf das Kilogramm des Erzeugnisses bezogen. Die Ergebnisse sind wie folgt:

Zwei elektrische Öfen sind unter den ersten fünf hinsichtlich der Amortisationskosten.

Zwei elektrische Öfen sind unter den ersten fünf hinsichtlich der Energiekosten.

Vier elektrische Öfen sind unter den ersten fünf hinsichtlich der Gesamtkosten je kg Fertigprodukt.

Der Autor schließt daraus, daß die elektrische Energie in der Zukunft viel häufiger als Energiequelle in der Keramik verwendet werden wird und stimmt damit mit dem Schluß überein, der sich aus der Statistik von Scholefield ergibt.

Im Bericht 507, „Das Hubbalkensystem als Fördervorrichtung in einem elektrisch erwärmten Tunnelofen für Emailwaren“, beschreibt L. J. BOER einen Tunnelofen mit Hubbalkensystem in einem Emailierwerk, wobei er insbesondere die bei einem Kammerofen bzw. bei einem Tunnelofen erforderlichen einzelnen Manipulationen bespricht. Beim Vergleich dieser beiden Ofenarten wird darauf hingewiesen, daß bei Tunnelöfen eine große Zeitersparnis erzielt wird, da die einzelnen Manipulationen vollkommen automatisch vor sich gehen. Im näheren beschreibt der Autor einen Doppelbahn-Hubbalkenofen mit Wärmerückgewinnung, bei welchem das zu brennende Material auf einfachen Rosten aus 4 mm-Chromnickeldraht durch den Ofen befördert wird. Bemerkenswert bei diesem Ofen ist, daß die Abwärme beim Auslauf des Ofens zur Trocknung des im zweiten Kanal einfahrenden Geschirrs verwendet wird. Um die Speicher-

verluste auf ein Mindestmaß zu beschränken, ist eine Leichtbauweise angewendet worden. Die Länge des Ofens beträgt einschließlich Lade- und Entladevorrichtung 20 m. Jeder Kanal ist mit Vorwärmezone, Brennzone und Kühlzone ausgestattet. Der Anschlußwert dieses Ofens beträgt 270 kW. Maximale Temperatur 1 000° C, Betriebstemperatur schwankend zwischen 750 und 950° C. Maximale Produktion 500 bis 700 kg/h. Je Brand benötigt der Ofen einschließlich Brennrosten 0,4 kWh/kg netto.

Da, wie bereits eingangs erwähnt, die Speicherwärme des Ofens sehr gering ist, ist er leicht auf andere Temperaturen einzustellen.

L. HOLZER

Sektion VI: Elektrowärmeanwendung in der Kunststoff-, Holz-, Textil-, Kautschuk- und Lederindustrie

Unter dem Vorsitz von M. O'CONNOR HORGAN, Großbritannien (Vizepräsident M. HRIBAR, Jugoslawien), hatte sich die Sektion VI mit der Elektrowärmeanwendung für Kunststoff, Leder, Textilien, Holz und Kautschuk zu beschäftigen. Generalberichterstatte war M. J. I. BERNARD, Großbritannien, Sekretär E. M. ACKERY, Großbritannien. Insgesamt lagen 16 Arbeiten vor, die im folgenden in vier Gruppen besprochen werden sollen.

Gruppe I: Holz Trocknung

Die von TH. HAFNER (Schweiz) unter Nr. 613 vorgelegte Arbeit über Holz Trocknung im dielektrischen Feld beschäftigt sich mit Durchlauföfen, von denen bereits mehrere in der Schweiz in Betrieb sind. Die Anlagen sind sowohl zur Trocknung von bearbeiteten Holzteilen als auch von Brettern geeignet. Dem Trocknungsprogramm ist jedoch große Aufmerksamkeit zuzuwenden, um rasch und wirtschaftlich riß- und verschalungsfrei getrocknetes Holz zu erhalten. Hafner empfiehlt daher den Kleinversuch, um die in den einzelnen Stadien der Trocknung notwendigen spezifischen Leistungen zu ermitteln.

Diese können zwischen 0,5 bis 0,03 W/cm³ Holz schwanken.

Die vier Phasen teilt Hafner ein in

- a) Anwärmen (etwa 1 bis 7° C je Minute);
- b) Dämpfen, wobei sich Wassertemperatur und Holztemperatur aneinander angleichen;
- c) Verdampfen des Wassers, wobei die Feuchtigkeit um etwa 0,1 bis 1,5% je Minute abnimmt;
- d) Feuchtigkeitsausgleich.

Für jedes Kilogramm dem Holz zu entziehendes Wasser kann man mit einem Energieaufwand von 1,3 bis 1,5 kWh rechnen. Die Trocknungszeit bis auf eine Endfeuchte von etwa 10% dauert bei Buche etwa 2 Stunden und bei Tanne 1,5 Stunden.

Während Hafner, offenbar gestützt auf Erfahrungen in der Schweiz, die HF-Trocknung als durchaus wirtschaftlich im Vergleich zu konventionellen Methoden bezeichnet, empfiehlt A. VILLIERE (Frankreich) im Bericht Nr. 611, „Die Verwendung von Hochfrequenz zur Holz Trocknung“, die HF-Trocknung nur für die Endstufe der Trocknungsperiode.

Gute Wirtschaftlichkeit ergibt sich seiner Ansicht nach nur, wenn man in der Endstufe des Trocknungsverfahrens HF-Trocknung und Lufttrocknung verbindet, weil dadurch die letzte Trocknungsperiode erheblich abgekürzt, die Feuchtigkeitsverteilung im Holz sehr gleichmäßig wird und schädliche Spannungen weitestgehend vermieden werden.

Villiere meint jedoch, daß man auch heute nach 30-jähriger Forschungsarbeit und trotz einigen ausgeführten Anlagen die Anwendung der Hochfrequenzenergie für Holz Trocknung nicht verallgemeinern kann, weil neben den Kosten des Trocknungsverfahrens auch noch technische Schwierigkeiten bei bestimmten Holzarten auftreten.

Die HF-Energie kann in der Holzindustrie neben der Trocknung auch mit besonderem Vorteil zur Erwärmung bei der Verleimung herangezogen werden. Hierüber informiert uns J. POUND (England), in seinem Bericht Nr. 602, „Die Hochfrequenz Erwärmung in der Holzindustrie“. Er empfiehlt die sogenannte Streufeld-Heizung zur Verleimung, eine Methode, die die Verwendung komplizierter Zapfen entbehrlich macht. Es ist eine sowohl für die jeweils zu

verarbeitende Holzsorte als auch für die HF-Erwärmung geeignete Kunstharzleimmasse auszuwählen. Die zu verleimenden Teile müssen mit bestimmtem Druck aneinandergepreßt werden, um befriedigende Ergebnisse zu erzielen.

Ein ähnlich großes Anwendungsgebiet der Verleimung mit Hilfe von Hochfrequenz ist die Herstellung breiter Bretter durch Verleimung schmaler Bretter, ein Verfahren, das immer dann wirtschaftlich ist, wenn die Preise von großen Nutzhölzern erheblich über den kleineren Dimensionen liegen.

Durch besondere Elektrodenanordnung gelingt es, die Wärmeverluste im Holz, das an sich nicht erwärmt zu werden braucht, gering zu halten.

Die Kosten einer Anlage mit 6 kW Generatorleistung werden mit £ 1 500 komplett angegeben, die man über zehn Jahre abschreibt. Nimmt man eine geringe Lebensdauer der Röhren, erhebliche Erhaltungskosten und einen Strompreis von 2 d (rd. 60 g) je kWh an, so ergibt dies Kosten von sh 5,— (S 18,—) je Stunde. Die Feuchtigkeit der zu verarbeitenden Hölzer sollte um nicht mehr als 3% differieren und nicht über 14% liegen, um die normale Zeit von etwa einer Minute für das Verleimen nicht zu überschreiten.

Die vierte Arbeit dieser Gruppe von U. SHINOHARA und S. OTORI, Japan, Nr. 601, „Ein Grundgedanke für den Entwurf von Hochfrequenz Trocknern“, beschäftigt sich fast ausschließlich mit der Theorie der Hochfrequenz Erwärmung von Holz- und Tonwaren, und zwar im besonderen mit dem bei diesen Materialien auftretenden Phänomen der „Innenexplosion“. Sie geben einen Weg an, die maximale Leistungsdichte zu ermitteln, die ohne Gefahr für das zu trocknende Material noch angewendet werden kann. Auch diese Autoren sind der Ansicht, daß die Trocknung von schlechten Wärmeleitern mit Hochfrequenz günstiger als mit konventionellen Trockenöfen ist.

Gruppe II: Textilindustrie

Mit der Elektrowärmeanwendung in der Textilindustrie und Papierindustrie befassen sich fünf Arbeiten. In den Berichten von C. R. GESLIN, Frankreich, „Behandlung von Kunststoffen und Kunstfasern durch Infrarotstrahlen“, Nr. 615, und G. SEURIN, Frankreich, „Anwendungsbeispiele der kurzwelligen Infrarot Erwärmung in der Textilindustrie“, Nr. 606, werden vor allem zwei Punkte ausführlich erörtert, und zwar:

1. Die Wahl des Strahlers: Strahler für kurzwellige Infrarotstrahlen oder umhüllte Strahler für mittlere Wellenlängen;
2. die Kontrolle der Temperatur, von der im Gegensatz zu Kontrollsystemen bei konventionellen Methoden eine erhöhte Genauigkeit verlangt werden muß.

Während Seurin ausschließlich die Wolframfadenlampen bevorzugt, gleichgültig um welches Anwendungsgebiet es sich handelt, meint Geslin, daß jeder Art von Infrarotstrahlern ein spezielles Anwendungsgebiet entspricht. Die kurzwelligen Glühlampenstrahler durchdringen nach Seurin besser das Material, ergeben eine gleichmäßigere Erwärmung und sind auch in einer sehr feuchten Atmosphäre anzuwenden. Die größere Zahl von Strahlen kleiner Leistung ergibt eine bessere Verteilung der Strahlungsenergie im Ofen und eine rasche Wirksamkeit der Temperaturkontrolle. Geslin untersucht mehr allgemein die Temperaturverteilung in einem Kunststoff, die Vorteile der Strahlungsheizung und den Einfluß der spektralen Zusammensetzung einer Strahlung auf die Temperaturverteilung, wobei besonders die Quarzstrahler behandelt werden.

G. M. HOGARTH, England, der sich in seiner Arbeit, „Die

Anwendung der Infraroterwärmung in der Kunststoff-, Kautschuk- und Textilindustrie“, Nr. 607, ebenfalls mit den von den beiden oben genannten Autoren erörterten Punkten auseinandersetzt, beschäftigt sich vorwiegend mit metallüberzogenen Strahlern und empfiehlt Glühlampen nur, wenn die Kunststoffe um mehr als $\frac{1}{8}$ Zoll durchdrungen werden sollen. Dieser Autor gibt eine kurze Einführung in die Theorie der Wärmeübertragung durch Strahlung und eine Beschreibung der verschiedenen Wärmequellen. Bei den praktischen Beispielen wird die Verwendung von Infrarotstrahlern zum Weichmachen von thermoplastischen Platten beschrieben. Näher wird auf eine spezielle Anlage eingegangen, die das Weichmachen dekorativer, gewalzter Kunststoff- und Bakelitplatten vor der Verformung und dem Stanzen gestattet, aber auch für die Behandlung von Kunststoffen auf Polyvinylbasis und von Latex geeignet ist.

Schließlich beschreibt Hogarth auch eine Infrarotstrahlungsanlage zur Behandlung von Stoffen, die mit Kunstharzen imprägniert sind, um sie knitterfrei zu machen.

Alle drei Autoren fordern von der Temperaturkontrolle eine Genauigkeit in der Größenordnung von etwa 1,5%. Seurin und Geslin bevorzugen allerdings eine Regelung der Wärmeverteilung und manchmal auch der Luftumwälzung, während Hogarth eher die Geschwindigkeit des am Strahler vorbeiwandernden Gutes verändert.

K. ISOBE, Japan, beschreibt in seinem Bericht Nr. 603 eine kontinuierliche HF-Trocknungsanlage für Nylonabfälle. Diese Anlage erreicht eine Tagesleistung von 4 500 kg bei einem Anschlußwert von 58 kW und einem Gesamtwirkungsgrad von 26%.

Isobe meint, daß die Verbindung von Hochfrequenz mit Warmlufttrocknung eine raschere und gleichmäßigere Temperaturerhöhung ergibt, die die Trocknungszeit erheblich verringert und Farbveränderungen vermeidet. Da es sich aber hier um eine Spezialanwendung handelt, ist ein Vergleich etwa mit Infrarotheizung nicht möglich, wobei der Autor auch keinen Beweis dafür bringt, daß die erzielten guten Ergebnisse seiner Anlage nur durch Hochfrequenzanwendung zu erreichen sind.

Der letzte Bericht dieser Gruppe stammt, wie der dritte Bericht, von G. Seurin, der sich in der Arbeit Nr. 605 mit der Verwendung von Öfen und Trockenkammern in der Papierindustrie zur Erwärmung mittels kurzwelliger Infrarotstrahlung beschäftigt. Es ist dies die einzige Arbeit, die die Elektrowärmeanwendung in der Papierindustrie behandelt; Seurin gibt einen guten Überblick über die Anwendung kurzwelliger, infraroter Strahlen in den wichtigsten Zweigen dieser Industrie. Es werden zahlreiche Beispiele angeführt, wobei überall die praktisch erzielten Werte aufscheinen, die es dem branchenkundigen Leser ermöglichen, selbst Betrachtungen über Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit von Verfahren mit infraroten Strahlen anzustellen.

Gruppe III: Kunststoffe

Die dritte Gruppe bringt Anwendungen für die Plastik- und Kautschukindustrie und umfaßt vier Berichte.

Mit einer sehr wichtigen Anwendung der Elektrowärme in der Kunststoffindustrie, mit elektronischem Schweißen, beschäftigt sich M. BLOND im Bericht Nr. 609, „Die Elektrowärmeanwendung in der Kunststoffindustrie“.

Die Kunststoffe haben in den letzten Jahren eine ständige Weiterentwicklung durchgemacht und es mußten sich daher auch die elektronischen Schweißmaschinen immer wieder den geänderten Eigenschaften der Kunststoffe anpassen. Während man anfangs Maschinen mit immer größerer Leistung baute, geht nunmehr der Trend dahin, den Arbeitsablauf beim Schweißen immer mehr zu automatisieren. Diese Entwicklung verläuft parallel mit der Tatsache, daß heute auch schon die Großindustrie ein sehr starkes Interesse für die Verwendung von Kunststoffen hat, wo-

gegen früher elektronische Schweißmaschinen nur in kleineren und mittleren Fabrikationsbetrieben und Werkstätten zu finden waren. Der Bericht bringt an Hand zahlreicher Beispiele (ergänzt durch Bilder) die neuesten Konstruktionen auf dem Gebiet der elektronischen Schweißmaschinen, wobei besonders Spezialmaschinen und Maschinen hoher Leistung für industrielle Anwendungen behandelt werden.

Mit einem anderen Spezialgebiet der Kunststoffindustrie, der elektronischen Vorwärmung von Kunststoffen, setzen sich J. QUINT und J. MORITZ (Frankreich) in ihrem Bericht Nr. 612, „Die Entwicklung der dielektrischen Vorwärmung von Kunststoffen“, auseinander. Die Arbeit bringt zunächst einen Überblick über die Entwicklung der dielektrischen Vorwärmung, die den Kunststoff von 20°C auf etwa 80 bis 120°C in möglichst kurzer Zeit erwärmen muß. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Phenoplaste, wobei die Leistungsabgabe des Hochfrequenzgenerators den jeweiligen Bedingungen des Vorwärmeprozesses angepaßt werden muß. Zwei Schaltbilder ergänzen die Ausführungen über die Regelung der Hochfrequenzenergie, die entweder das Hochfrequenzfeld ändert oder die Anpassung des Nutzstromkreises vornimmt. Der Bericht beschreibt eine Regeleinrichtung für mehrere Heizkammern ohne Änderung des Leistungsstromkreises sowie die bei einigen industriellen Anlagen erzielten Ergebnisse. Um die Wirksamkeit der Vorwärmung zu bestimmen, sind einige Methoden bekannt geworden.

TH. SKRZYPEK, Polen, beschreibt in seiner Arbeit Nr. 604, „Eine neue Methode, die Wirksamkeit der Vorwärmung von wärmehärtenden Materialien zu bestimmen, und ihre praktischen Anwendungen“, eine neue Methode, die von der modifizierenden RASCHIG-KRAL-Methode abgeleitet wurde. Um Vorwärmanlagen berechnen zu können, ist die Kenntnis bestimmter Kennzahlen notwendig, für die in dieser Arbeit die Methoden ihrer Bestimmung angegeben werden. Der Autor vertritt die Ansicht, daß die Vorwärmung von Kunststoffen auf Phenolbasis und Harnstoffbasis zwar in kürzester Zeit eine gute Verformbarkeit ergibt, doch sind sowohl die Anschaffungskosten als auch die Betriebskosten der Vorwärmanlage so hoch, daß ihre Verwendung nur für Qualitätsprodukte zu empfehlen ist. Es ist eine neue Methode, genannt „Kontakt-Strahlungsheizung“, in Entwicklung, die noch wirtschaftlicher sein soll und bei der Vorheizung und Verformung gleichzeitig erfolgt. Aus den über die einzelnen Methoden angestellten Betrachtungen ergeben sich wichtige Hinweise für Konstrukteure und Techniker.

Auch die Kautschukindustrie bedient sich im steigenden Maße der Hochfrequenzenergie für Wärmeprozesse. In der Arbeit Nr. 608 von P. THIRION und R. CHASSET, Frankreich, werden die elektrischen Eigenschaften der Kautschukmischungen während der Vulkanisation unter Druck untersucht. Hierbei wurde ein Frequenzbereich von 100 Hz bis 10 MHz und eine Vulkanisierung bei Temperaturen von 100 bis 150°C in die Untersuchung einbezogen.

Das hierbei angewendete Verfahren gestattet die Untersuchung verschiedener Füllstoffe. Bis jetzt wurden Kohlenruß und Kieselerde untersucht. Es ergab sich, daß die dielektrischen Eigenschaften der Mischung besonders von der Dicke und den Abmessungen der Probestücke abhängen. Es wird auch versucht, für die einzelnen gefundenen Werte physikalische Erklärungen zu geben. Man kann aus diesem Bericht das große Gebiet erkennen, das noch durch weitere eingehende Versuche zu bearbeiten ist, wobei insbesondere Mischungen mit mehr als 15 Volumensprozent an Füllstoffen noch zu untersuchen sind. Das beschriebene Verfahren ermöglicht es, die Eigenschaften des Materials vom Beginn der Vulkanisation bis zu jenem Punkt ab zu verfolgen, wo sich die Mischung noch nicht vollzogen hat, sowie auch die Auswirkungen zu untersuchen, die von der Vulkanisation und von dem zugesetzten Material ausgehen.

Gruppe IV: Elektrodenkessel

S. A. WILLIAMS, England, Elektrodenkessel für industrielle elektrische Erwärmung, **Bericht Nr. 610.**

Es ist nicht ganz verständlich, warum dieser Bericht in die Sektion VI hineingenommen wurde, da er sich ganz allgemein mit Elektrodenkesseln beschäftigt. Einleitend werden einige Geschichtsdaten aus der Entwicklung der Elektrodenkessel gebracht. Sodann beschreibt der Verfasser die Tendenzen, die derzeit bei neuen Dampf- und Warmwasser-

kesseln für Hoch- und Mittelspannung zu bemerken sind. Es werden auch einige Beispiele über aufgestellte Elektrodenkessel gebracht sowie grundsätzliche Überlegungen über Wirtschaftlichkeit, Probleme der Wärmerückgewinnung und der Belastungsverhältnisse und ein kurzer Ausblick über die Zukunftsaussichten der Elektrodenkessel, insbesondere im Hinblick auf die steigende Energieerzeugung aus Atomkraftwerken.

O. NIKOLAUS

Sektion VII: Nahrungsmittel-, chemische und pharmazeutische Industrie

Unter dem Vorsitz von P. TUTUNDŽIĆ, der auch den Generalbericht dieser Sektion verfaßte und dem als Sekretär S. DJORDJEVIĆ zur Seite stand, behandelte die Sektion VII die Anwendungsgebiete der Elektrowärme in der Lebensmittelindustrie sowie in der chemischen und der pharmazeutischen Industrie. Es lagen 14 Berichte vor, die der Art der Wärmeerzeugung nach vom Generalberichtersteller in drei große Gruppen eingeteilt wurden: Infrarotheizung, dielektrische Erwärmung und Widerstandsheizung.

Gruppe I: Anwendungsgebiete der Infrarotheizung

G. SEURIN, Frankreich, legte in seinem **Bericht Nr. 708**, „Trocknen und Haltbarmachen von Farben und Lacken durch Infrarotbestrahlung“, die wichtigsten Daten vor. Es werden in diesem verhältnismäßig kurzen Bericht die Bedingungen für die Bildung eines Films auf der Lackoberfläche dargestellt, wobei besonders die richtige Temperatur der Filme während der Trocknung aufgezeigt wird. Bei den einzelnen Beispielen findet man neben dem Bereich für die Temperatur auch Angaben über die stündliche Produktion und den Stromverbrauch, wobei sich die Beispiele auf verschiedene Anwendungsgebiete sowie auf verschiedene Lacksorten erstrecken. (Harnstoff-Formaldehyd, Melamin, Silikon, Araldite, Email.)

Neben vergleichenden Untersuchungen über die verschiedenen Trocknungsverfahren werden Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit und die Ausbeute der Verfahren angestellt und typische Erzeugungs- und Stromverbrauchszahlen angegeben.

Die zweite Arbeit von G. Seurin in dieser Sektion, **Nr. 709**, beschäftigt sich mit der „Anwendung von Hellstrahlern in Öfen und Trockenkammern der Nahrungsmittelindustrie“. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Versuche mit Infrarot-Hellstrahlern angestellt. Der Bericht enthält genaue Angaben über den Verlauf des Backvorganges, des Energieverbrauches, der Dauer sowie der für das Backen benötigten Fläche für verschiedene Backwaren wie Keks, Biskuit und Torten. Auch Ergebnisse über das Rösten von Kakaobohnen werden angegeben sowie auch charakteristische Beispiele für das Trocknen von schlechten Wärmeleitern, die eine kurze Trocknungszeit benötigen. Gerade hierfür ist die Trocknung durch Infrarotstrahlen sehr gut geeignet.

Praktische Beispiele und technische Daten über das Trocknen von Getreide und Grünfütter stellen dies unter Beweis. Zum Vergleich werden auch andere Trocknungsmöglichkeiten erwähnt, die den Vorteil der Infrarottrocknung klar zutage treten lassen.

Genaue Angaben über die Kosten fehlen allerdings.

Die neuesten Ergebnisse mit der Reistrocknung durch Infrarotstrahlen bringt G. MICCHIARDI, Italien, in seinem **Bericht Nr. 711**, „Behandlung von ungeschältem Reis mit Infrarotstrahlern und ihr Einfluß auf die Austrocknung“. Es werden dabei zunächst nur Laboratoriumsversuche beschrieben, die die günstigsten Bedingungen für die verschiedenen Reissorten ermitteln sollten. Die Infraroterwärmung hat gegenüber den konventionellen Trocknungsmethoden den Vorteil, daß das Reiskorn vollkommen gleichmäßig erwärmt wird.

Diese gleichmäßige Erwärmung beschleunigt die Feuchtigkeitsabgabe und verkürzt so den Trocknungsvorgang beträchtlich. Die inneren und äußeren Schichten des Korns erhärten gleichmäßig, ohne daß Risse entstehen. Die Temperatur geht dabei bis auf etwa 60°C hinauf, ohne daß die Qualität des getrockneten Reises beeinträchtigt wird. Bei den bisherigen Trocknungsmethoden konnte man die Temperatur nicht über 38°C erhöhen.

Als weiterer Vorteil dieser höheren Trocknungstemperatur ergibt sich eine Abtötung der Bakterien in wesentlich größerem Umfang als früher, so daß der mit Infrarotstrahlen getrocknete Reis weitgehend vor Gärung geschützt ist.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung wird unter Zugrundelegung eines Strompreises von 12 Lire je kWh gemacht. Die in der Zusammenfassung gebrachten Zahlen zeigen, daß der Stromverbrauch zwischen 30 und 40 kWh je Zentner liegt. Einige Zeichnungen erläutern die prinzipielle Anordnung von Trockenanlagen und in Tabellen findet man die Temperaturzunahme in der Abhängigkeit von der Zeit. Als Stromquelle wurden Lampen mit 2000 W Anschlußwert verwendet.

Im Zentralinstitut für Landwirtschaftstechnik in Turin ist ein „Infrarottrockner für Futtermittel“ aufgestellt. Hierüber berichtet M. CASUZZI in seinem **Bericht Nr. 702**.

Die Anlage wurde bisher dazu verwendet, Gras zu trocknen. Sie besteht aus vier Transportbändern, auf denen Gras unter 40 Infrarotlampen mit je zwei kW vollständig getrocknet wird. Der Feuchtigkeitsgehalt des Grases sinkt dabei in einer halben Stunde von 80% auf 10%. Die stündliche Leistungsfähigkeit beträgt maximal zwei Zentner.

Als Stromverbrauch wird ein Aufwand von 100 kWh je Doppelzentner Trockengut angegeben. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde ein Strompreis von 15 Lire je kWh zugrunde gelegt. Die Anschaffungskosten dieser Anlage betragen 3 000 000 Lire und die Kostenberechnung schreibt diese Anlage auf 15 Jahre mit 8% jährlicher Verzinsung ab.

Unwahrscheinlich hoch erscheint jedoch die Ausnützung, die kontinuierlich an 100 Tagen durch zehn Stunden angenommen wird, woraus sich dann die Kosten von 1 250 Lire je Zentner Gras für Stromkosten, Arbeitslohn, Abschreibung und Erhaltung ergeben. Im praktischen Betrieb dürfte eine solche Ausnützung wohl kaum zu erreichen sein. Die in der Arbeit beschriebene Apparatur ist durch Zeichnungen und zahlreiche Bilder näher dargestellt.

Genaue Untersuchungen des mit dieser Anlage getrockneten Grünfutters haben ergeben, daß sowohl die physikalischen und chemischen Eigenschaften als auch der biologische Nährwert des Trockengutes kaum geändert werden, so daß das Trockenfutter in jeder Beziehung dem nach anderen Systemen der Trocknung gewonnenen Futter weit überlegen ist. Die Anlage könnte grundsätzlich auch zur Trocknung anderer landwirtschaftlicher Produkte, wie Getreide, Mais und dergleichen, dienen, doch liegen hierüber noch keine näheren Werte vor.

Gruppe II: Dielektrische Erwärmung

Die Pasteurisierung von Milch ist aus der modernen Molkereiwirtschaft nicht mehr wegzudenken. Es ist daher verständlich, daß man nach modernen Methoden sucht, die Pasteurisierung durchzuführen. Hierüber berichten F. PIETERMAAT und W. van DYCK, Belgien, in der Arbeit

Nr. 707, „Das Pasteurisieren von Milch durch Hochfrequenzenergie und Hochspannung“, wobei zwei Verfahren beschrieben werden. Zunächst eine Einrichtung, die bereits im Jahre 1954 erprobt wurde und die mit hochfrequentem elektrischen Strom die Milch von 65° auf 80° C erwärmte. Auch bei dieser Erwärmung auf nur 80° C konnten mehr als 99% der Bakterien abgetötet werden, wogegen bisher, insbesondere durch amerikanische Forscher, die Ansicht vertreten wurde, daß für diesen Effekt eine Temperaturerhöhung auf 95° C nötig sei.

Die beiden Autoren glaubten jedoch, daß sich eine derartige Anlage im praktischen Betrieb deshalb nicht im größeren Umfange durchsetzen kann, weil die Bedienung und Erhaltung des Hochfrequenzgenerators besonders qualifiziertes Personal erfordert, das im Molkereibetrieb kaum zu finden ist.

Man suchte daher nach einer Methode, die Pasteurisierung der Milch durch Strom industrieller Frequenz ebenso zu erreichen. Hierbei war gleichzeitig das Problem zu lösen, die Abscheidung des Kaseins an den Elektroden zu vermeiden. Man fand hierbei schließlich eine geeignete Vorrichtung, die aus zwei zylindrischen Behältern besteht, die gleichzeitig als Elektroden dienen und zwischen denen eine Spannung von 4000 V herrscht. Die Stromstärke wird mit etwa 0,9 A begrenzt, damit die Abscheidung des Kaseins verhindert wird. Ebenso wie beim Hochfrequenzverfahren muß die Milch auf etwa 55° C vorgewärmt sein. Zwischen den beiden Behältern durchströmt die Milch ein Glasrohr und erwärmt sich in 0,14 Sekunden von 55° auf 78° C. Die Milch verbleibt etwa 30 Sekunden in dem unteren Behälter, wodurch eine vollkommene Pasteurisierung erreicht wird. In einer Tabelle wird gezeigt, daß bei Temperaturen zwischen 75° und 80° C stets eine mehr als 99%ige Abtötung der Bakterien erreicht wird, so daß eine weitere Temperaturerhöhung, die dem Geschmack der Milch sicherlich nicht zuträglich ist, unterbleiben kann.

Der Energieaufwand bewegt sich in der Größenordnung von 20 kWh für 1 000 Liter. Die Stundenleistung des hier besprochenen Apparates ist jedoch nur 184 Liter, so daß wohl kaum von einer im normalen Betrieb verwendbaren Anlage gesprochen werden kann. Angaben über die Kosten der Apparatur bzw. des Verfahrens fehlen leider. Die an sich originelle Lösung soll auch die Herstellung von Kondensmilch erlauben.

Ein anderes Anwendungsgebiet der Hochfrequenzenergie auf dem Nahrungsmittelsektor, das sich ebenfalls noch im Versuchsstadium befindet, wird in der Arbeit Nr. 705, „Automatischer Brotbackofen mit kombinierter Hochfrequenz- und Konvektionsheizung“, von F. PIETERMAAT, H. OOMS und W. van DYCK, Belgien, beschrieben. Der Grundgedanke dieser Entwicklung besteht darin, daß es nicht allein genügt, den Backvorgang selbst zu beschleunigen, sondern es muß auch die Zeit, die der Teig zum Gären braucht, verkürzt werden. Verbunden mit der Verwendung von Hochfrequenzenergie ist daher ein Verfahren, die Gärungszeit des Teiges auf etwa 25 Minuten herabzudrücken, während man früher mindestens eine Stunde hierfür benötigte. Der bisher nur als Versuchsmodell ausgeführte Backofen verwendet Hochfrequenz mit 10 bis 50 MHz bei einem Anschlußwert von etwa 18 kW. Die Stundenleistung des Backofens beträgt 40 bis 50 kg, wobei etwa 10 kWh für die Wärmeenergie und 7,5 kWh für Luftumwälzung, Motorantrieb und dergleichen aufgewendet werden. Dies ergibt einen Stromverbrauch von 0,35 kWh je Kilogramm, ein Wert, der mit Rücksicht auf die Tatsache, daß es sich um einen direkt beheizten Backofen handelt, nicht als niedrig bezeichnet werden kann.

Der Vorteil dieses Ofens dürfte somit nur darin liegen, daß die reine Backdauer 12 Minuten für das Backen und 10 Minuten für das Bilden der Kruste in Anspruch nimmt, wodurch zusammen mit der Gärung des Teiges die Backwaren in etwa 3/4 Stunden fertiggestellt sein können. Ob allein die Zeitersparnis den verhältnismäßig hohen Aufwand

für Hochfrequenzgenerator und Backofen rechtfertigt, wird in der Arbeit nicht untersucht. Außerdem ist anzunehmen, daß die verkürzte Gärungszeit den Geschmack des Brotes beeinträchtigt und es zumindest lange Zeit dauert, bis sich die Konsumenten an diese Änderung gewöhnt haben, sofern sie nicht überhaupt auf Ablehnung stößt. Kürzere Gärungszeit basiert auf Verwendung von voraktivierter Hefe unter Zusatz von etwas Zucker. Die mit diesem Ofen hergestellten Backwaren sollen ein um 10 bis 15% größeres Volumen gegenüber der Herstellung in einem gewöhnlichen Backofen besitzen.

Mit der industriellen Herstellung eines solchen Backofens soll allerdings erst begonnen werden.

Ein Spezialgebiet, das wohl in Europa kaum auf Interesse stoßen dürfte, ist die Destillation von Kampfer und Kampferöl mit Hochfrequenz aus dem Holz des Kampferbaumes. Hierüber sind einige Angaben in dem Bericht Nr. 712 von K. ISOBE, Japan, zu finden. Die Wurzeln machen etwa 20%, die Zweige 13% und die Blätter 5% des Gewichtes eines Kampferbaumes aus; in den Wurzeln ist der höchste Gehalt an Kampfer und Kampferöl mit etwa 3,3% zu finden. Weiter wird angegeben, wie mit zunehmendem Alter der Bäume Höhe und Durchmesser des Stammes sowie der Rauminhalt zunehmen und in welchem Maße der Gehalt von Kampfer und Kampferöl mit dem Alter zunimmt. Während ein fünfjähriger Baum nur etwa 1% Kampferöl enthält, kann man aus 100 bis 120jährigen Bäumen 2,7% bis 2,8% Kampfer und Kampferöl gewinnen. Der Gehalt an Kampferöl ist allerdings bei 20 bis 25jährigen Bäumen am größten und verringert sich mit zunehmendem Alter zugunsten des Kampfers. Die hier beschriebene Anlage ist im wesentlichen eine Holztrochungsanlage, bei der aus dem anfallenden Wasserdampf Kampfer destilliert wird. Bisher mußte man das Kampferholz zerkleinern, um eine gute Ausbeute zu erzielen.

Mit Hilfe des Hochfrequenzverfahrens kann man Holzbretter bis zu etwa 20 mm Stärke destillieren, was besonders deshalb von Bedeutung ist, weil das Kampferholz ähnliche Qualitäten und ähnliches Aussehen wie das Mahagoniholz aufweist und erst durch dieses Verfahren das Holz für eine Weiterverwendung zur Verfügung steht.

Da offenbar die ausschließliche Erwärmung des Kampferholzes durch Hochfrequenzenergie dem Autor zu unwirtschaftlich erscheint, erhitzt er in seiner Anlage das Holz sowohl durch Wasserdampf als auch dielektrisch. Hiedurch gelingt es, die Temperatur des Holzes um etwa 10° C über der des Wasserdampfes zu halten. An einem Beispiel zeigt Isobe auch den Energieaufwand. Das zu trocknende Holz hat vor der Trocknung 2 100 kg, nach der Trocknung 1 700 kg, was einer Reduktion des Feuchtigkeitsgehaltes von 79% auf 44% entspricht. Hierbei wurden 29 kg Kampfer und Kampferöl gewonnen. Hiefür wurden 138 kWh Hochfrequenzenergie für die Temperaturerhöhung und 251 kWh zur Destillation aufgewendet. Um den Prozeß der Extraktion wirtschaftlich führen zu können, macht der Autor den Vorschlag, durch Feststellung der dielektrischen Eigenschaften den Wassergehalt im Holz zu bestimmen. Auch in dieser Arbeit fehlen Angaben über Kosten bzw. Kostenvergleiche.

Gruppe III: Widerstandsheizung

Gewebe aus Glas und Quarzfäden lassen sich als Isolationsmaterialien für Heizmäntel und Heizbänder verwenden. H. REIK bespricht im Bericht Nr. 706, „Elektrische Oberflächenheizung in der Industrie“, die mannigfaltigsten Anwendungsgebiete solcher Heizkörper. Einleitend werden die Grundlagen der elektrischen Oberflächenheizung besprochen und sodann auf die Erzeugung genormter Bauteile, wie Mantelheizkörper, Wandheizkörper und Flächenheizkörper eingegangen. In der chemischen Industrie lassen sich viele Erwärmungsvorgänge überhaupt nur mit Hilfe von elektrischen Heizkörpern bewältigen. Die Technik des Heizkörperbaues ist schon so weit fortgeschritten, daß es ohne weiteres mög-

lich ist, die Heizkörper und die zugehörigen Schaltorgane vollständig vor Feuchtigkeit und Einwirkung von Chemikalien zu schützen, so daß besonders in explosionsgefährdeten Betrieben die Verwendung von elektrischer Heizung zur Regel geworden ist. In der Arbeit finden sich einige interessante Anwendungsgebiete für Oberflächenbeheizung in der chemischen und pharmazeutischen Industrie. Alle Heizungen sind mit automatischer Temperaturkontrolle ausgerüstet. Ein besonderes Beispiel bildet dabei ein Tankauto zum Transport von geschmolzener Schokolade. Diese Schokolade muß zwischen 80° und 55°C gehalten werden, was dadurch erreicht wird, daß der ganze Tank mit elektrischen Heizkörpern bedeckt ist. Die Stromversorgung erfolgt während der Fahrt aus einem Dieselgenerator, in der Nacht aus dem öffentlichen Stromnetz. Die Oberflächenbelastung liegt zwischen 100 und 250 W pro m². Weitere Anwendungsgebiete sind die Beheizung von Röhren, Ventilen und Pumpen für viskose Flüssigkeiten sowie auch Frostschutz, insbesondere von Rohrleitungen. Ein größeres Kapitel ist der Wirtschaftlichkeit der elektrischen Oberflächenheizung für Rohrleitungen gewidmet.

Die Strompreise verschiedener Länder wurden auf Penny (d) umgerechnet. In dieser Tabelle scheinen Griechenland und Belgien mit 2 d je kWh als dem höchsten Strompreis auf, Dänemark, Finnland, Frankreich, Deutschland, Holland, Italien, Portugal und England haben Preise zwischen 1 1/4 und 1 1/2 d, während Norwegen mit 2/3 d und Schweden mit 3/4 d zu den Ländern mit den niedrigsten Strompreisen zählen. Kostenkurven für verschiedene Ölsorten sowie Kurven und Tabellen über die Wärmeverluste verschiedener Rohrleitungen ergänzen dieses interessante Kapitel.

Mit der „Widerstandsbeheizung von Rohrleitungen in Chemiebetrieben“ beschäftigt sich auch HUBALD im Bericht Nr. 701. Die reichen Erfahrungen, die der Autor in einem großen chemischen Betrieb Deutschlands gerade auf dem Gebiete von Rohrheizungsanlagen sammeln konnte, werden ausführlich wiedergegeben.

Als Hauptvorteile der elektrischen Beheizung bezeichnet Hubald nicht nur die genaue Regelungsmöglichkeit, sondern auch die größere Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Beheizungsarten. Je niedriger die notwendige Temperatur eines in einer Rohrleitung zu transportierenden Produktes liegt, um so weniger gelingt es beispielsweise mit einer Dampf- begleitheizung, das Rohr wirtschaftlich zu erwärmen. Meist erhitzt eine solche Dampfheizung das Rohr viel zu hoch, was nicht nur unwirtschaftlich ist, sondern für das transportierte Gut oftmals Nachteile haben kann. Für eine elektrische Heizung wird zwar angegeben, daß sie im allgemeinen höhere Anschaffungskosten erfordert, doch sind die Gesamtkosten so, daß die elektrische Beheizung gegenüber der Dampfheizung sich wie etwa 1 zu 3 verhält. Je höher die Temperaturen in der Rohrleitung sind, desto genauer müssen die Verhältnisse hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit geprüft werden. Bei höheren Temperaturen spielen jedoch die Korrosionen eine ausschlaggebende Rolle und auch hierfür ergeben sich oft Vorteile zugunsten der elektrischen Heizung. Wenn dann die Temperaturen über 100°C hinausgehen, fällt die Dampfheizung normalerweise aus, da man nicht mit Hochdruckdampf arbeiten kann. Zahlreiche Diagramme geben Beispiele über die funktionellen Zusammenhänge zwischen Rohrdurchmesser und Wärmeverlusten sowie Leitertemperatur in Abhängigkeit vom Belastungsstrom. Abschließend gibt Hubald seiner Überzeugung Ausdruck, daß die elektrische Rohrleitungsheizung auch in Zukunft noch zahlreiche weitere Anwendungsgebiete sich erschließen wird.

Über ein Spezialgebiet, und zwar die Anwendung von „Lichtbogen-Widerstandsöfen für die Reduktion von Bariumkarbonat zu Bariumoxyd“, berichtet A. CELLA, Italien, in Arbeit Nr. 703.

Es werden vier Ofentypen beschrieben. Der Stromverbrauch bewegt sich zwischen 1,32 und 1,4 kWh je Kilogramm

Bariumoxyd, wobei der Elektrodenabbrand zwischen 30 und 46 g je Kilogramm Bariumoxyd liegt. Der Anschlußwert dieser Öfen liegt zwischen 600 und 1 200 kVA. Es handelt sich um zylindrische Öfen mit drei Kohlenelektroden, in denen der Schmelze etwa 5% gepulverte Kohle beigemischt wird. Da ein Abstich und Ausgießen wegen der Schmelztemperatur von etwa 2 200°C derzeit nicht in Frage kommt, entnimmt man den Öfen homogene Blocks von Bariumoxyd von etwa 4 000 Kilogramm. Diese Erzeugung von Bariumoxyd hat eine gewisse Bedeutung in der Zuckerindustrie.

Über die „Ausnützung des Gases aus einem Elektroofen der chemischen Industrie“ berichten T. OKAMOTO und Y. TADA, Japan, im Bericht Nr. 705. Es handelt sich hierbei um einen elektrischen Niederschachtofen mit einer Leistung von 9 000 kVA, der für die Gewinnung von Roheisen aus Pyritabbränden eingerichtet ist. Der Ofen wurde mit Söderberg-elektroden ausgerüstet und ist geschlossen, so daß das anfallende Gas gewonnen und abgeleitet werden kann. Dieses Gas soll in seiner Zusammensetzung ähnlich jenem Gas sein, das aus Öfen zur Herstellung von Ferrolegierungen und Kalziumkarbid anfällt. Der Wert dieses Gases liegt nicht nur in seinem Heizwert bei der Verwendung als Brennstoff, sondern insbesondere als Rohstoff für verschiedene Synthesen, wie z. B. Ammoniak, Ammonsulfat und verschiedene synthetische Fasern, wie Nylon und Orlon. Der Niederschachtofen eignet sich für die Gewinnung verschiedener Roheisensorten aus Rohstoffen, die sich nicht oder nicht gut für die Verarbeitung im Hochofen eignen. Die Autoren regen an, daß es mit Rücksicht auf den wertvollen Gasanfall zu einer recht engen Zusammenarbeit zwischen der eisenverarbeitenden und der chemischen Industrie kommen möge.

In Ländern, deren Energieerzeugung zum großen Teil auf hydraulische Basis gestellt ist, haben sich in den Bäckereien elektrische Speicherbacköfen in größerem Umfang durchgesetzt. Hierüber berichtet O. NIKOLAUS, Österreich, in der Arbeit Nr. 714, „Speicherbacköfen in gewerblichen Bäckereien“, die im Heft 2/1960 der „Elektrowärme“ vollinhaltlich abgedruckt ist.

Das gleiche Anwendungsgebiet, das Backen von Brot und Gebäck, ist Gegenstand des Berichtes Nr. 704, „Die Entwicklung des automatischen Backofens für Brot und Gebäck in Österreich“, von O. FLORIAN. Auch dieser Aufsatz ist im Heft 2/1960 der „Elektrowärme“ wiedergegeben.

L. LESIRE und P. MAGERMANN setzen sich in der Arbeit Nr. 710 mit der Bodenerwärmung im Garten- und Gemüsebau auseinander. Es wird sowohl die Erwärmung mit Heizkabeln als auch mit metallischen Gittern beschrieben. Bei Verwendung von metallischen Gittern muß mit Hilfe eines Reguliertransformators die gewünschte Leistung eingestellt werden. Die Spannungen variieren zwischen 2 V und 30 V, wobei die Leistungsdichte 50 bis 150 W pro m² beträgt. Die auftretenden Stromstärken sind ziemlich erheblich, wodurch das Schalten auf der Unterspannungsseite unangenehm wird. Heizkabel werden an Normalspannung angeschlossen und weisen zumeist eine Leistung von 30 W je Meter auf. Die Autoren geben, ergänzt durch Bilder, Resultate bekannt, die sie durch elektrische Bodenerwärmung bei der Entwicklung verschiedener Pflanzen erzielt haben. Im besonderen werden Ficus decora, Acalea und Begonia multi flora sowie Tomaten und andere Gemüse angeführt.

Einige Vergleichszahlen zwischen elektrischer Heizung und konventioneller Erwärmung der Luft in Glashäusern werden angeführt und zeigen die wirtschaftlichen Vorteile dieses modernen Zweiges der Elektrizitätsanwendung. Ein Strompreis von 1,12 bFr. je kWh scheint jedoch für diesen Zweck, verglichen mit österreichischen Verhältnissen, als sehr niedrig.

Die erzielten Wirtschaftlichkeitszahlen müßten daher noch auf Grund von in Österreich für derartige Zwecke zur Verfügung stehenden Strompreisen überprüft werden.

O. NIKOLAUS

Sektion VIII: Elektrochemie und Elektrometallurgie

In dieser Sektion führte S. PH. BACALU, Belgien, den Vorsitz, während der Vizepräsident durch B. SOCHOR, Polen, gestellt wurde. Die Generalberichterstattung war den Herren C. FERRANTE, Belgien, E. BOURDELEY, Frankreich, und Y. UEDA, Japan, anvertraut; das Sekretariat wurde von Herrn T. TOMONARI, Japan, geführt.

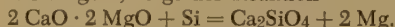
Das Thema dieser Sektion wurde in insgesamt 17 Arbeiten behandelt. Die Generalberichtersteller hatten zur besseren Übersichtlichkeit diese Berichte in vier Gruppen eingeteilt:

Gruppe I: Herstellung von Aluminium und Magnesium

Generalberichtersteller E. Bourdeley

Bericht Nr. 804, M. RITTER, Erfahrungen mit einem neuen elektrischen Magnesiumofen.

Der beschriebene Ofen wird durch Graphitwiderstände beheizt und arbeitet unter Vakuum. Die Reduktion, die bei 1300°C vor sich geht, folgt der Reaktion



Das Magnesium wird im Dampfzustand einem Kondensator zugeführt, während das für die Reduktion benützte Fe und FeSi im festen Zustand mit der Schlacke eliminiert wird. Der Magnesiumdampf wird zunächst durch ein Filter aus Dolomit und Koks geführt und erreicht etwa bei 900°C den Kondensator. Die Chargierung des Ofens geschieht in Form von Dolomitziegeln und Ferrosiliziumpulver mittels einer besonderen Vorrichtung.

Bericht Nr. 812, Z. BLAZEVIC, Der Einfluß der Korngröße der Tonerde auf die Löslichkeit im geschmolzenen Kryolith.

Die zur Herstellung des Kryolith verwendeten Tonerde muß nicht nur entsprechend rein sein, sondern auch bestimmte physikalische Eigenschaften besitzen, insbesondere eine entsprechende Korngröße. Diese muß einerseits genügend groß sein, damit das Korn untertaucht und sich in der erforderlichen Zeit auflöst, und andererseits nicht zu groß, um keinen Schlamm am Boden zu bilden. Die günstigste Korngröße scheint zwischen 50 und 100 µ zu liegen.

Bericht Nr. VIII d, A. J. JONES, Elektrowärme bei der Aluminiumfabrikation.

Bei der Fabrikation von Aluminium wird Elektrowärme für Schmelzen und Gießen und für die Erwärmung vor verschiedenen Arbeitsprozessen verwendet. Für das Schmelzen kommen Induktionsöfen und widerstandsbeheizte Öfen in Betracht. Die Eigenschaften der beiden Systeme und ihre Wirtschaftlichkeit werden in der Arbeit miteinander verglichen. Als Vorwärmeöfen vor Walzprozessen können Tunnel- oder Schachtöfen angewendet werden. Eine vergleichsweise Kostenberechnung zwischen solchen Öfen, die mit Gas oder elektrischer Energie beheizt werden, wird, bei Berücksichtigung der Stromtarife in Schwachlastzeiten, vom Verfasser gegeben. Ebenso werden für Glühprozesse die in Betracht kommenden Ofentypen angeführt und Möglichkeiten der Anwendung von Schutzgasatmosphären erörtert. Schließlich wird die Verwendung der Induktionsheizung zum Vorwärmen von Blöcken für Stangen- und Profilverpressen und von Widerstandsheizungen zum Warmhalten erwähnt. Der Bericht befaßt sich auch mit Wirtschaftlichkeitsfragen, wobei eine Gegenüberstellung von brennstoffbeheizten und elektrisch beheizten Öfen gegeben und die Vorteile der letzteren hervorgehoben werden.

Gruppe II: Karbid- und Ferrolegierungsöfen

Generalberichtersteller C. Ferrante

Bericht Nr. 802, H. WEIMER, Physikalische Betrachtungsweise der Karbidöfen.

Die Arbeit berichtet über Untersuchungen und Messungen an einem rotierenden Vertikal-Elektrofen hinsichtlich des Verhaltens des Möllers und der Beanspruchung der Elektroden. Die Messungen wurden in Kaltversuchen durchgeführt und die Ergebnisse in Warmversuchen an einem Modellofen überprüft.

Die Rotation des Einsatzes um die fixen Elektroden sichert zusammen mit der Vertikalbewegung des Gutes eine gute Durchmischung in allen Richtungen. Der Einsatz bleibt porös und der Ofenwirkungsgrad wird wesentlich verbessert.

Der Autor gibt eine Reihe von Formeln über die optimalen Dimensionen eines rotierenden Vertikalofens, bei dem der gesamte Einsatz an den gewünschten Bewegungen teilnimmt. Die auf die Elektroden ausgeübten Kräfte sind der Dichte des Einsatzes direkt und der Geschwindigkeit der Elektrodenbewegung indirekt proportional.

Bericht Nr. 811, K. L. MORKRAMER, Dimensionierungsgrundlagen von Elektro-Reduktionsöfen.

Der Verfasser gibt die Ergebnisse seiner theoretischen Untersuchungen zur Aufstellung von Richtlinien für die Dimensionierung von Reduktions-Lichtbogenöfen in diesem Bericht wieder. Die großen, modernen Öfen dieser Art werden nicht mehr wie früher für verschiedene Zwecke verwendet, sondern — vom Standpunkt der Produktion aus gesehen — immer mehr spezialisiert.

Der Bau der Öfen ist bisher hauptsächlich auf empirischer Grundlage erfolgt, ohne daß der grundlegenden Berechnung genügend Aufmerksamkeit geschenkt worden wäre. Der Autor versucht diese Probleme zu lösen und betrachtet hierbei den Ofen als einen einfachen elektrischen Stromkreis mit einem bestimmten elektrischen Widerstand, der von der physikalischen Charakteristik des Gutes abhängt. Werden die für die verschiedenen Fabrikate gefundenen experimentellen Werte dieses Widerstandes in die vom Verfasser entwickelten Formeln eingesetzt, so können daraus Elektrodendurchmesser, Elektrodenteilkreis sowie die Daten der Transformatoren errechnet werden. Überprüfungen bestehender Anlagen bestätigten die aufgestellten Formeln mit genügender Genauigkeit.

Bericht Nr. 803, K. LORCK, Die Verwendung von Elkem-Öfen bei der Herstellung von Ferrolegierungen und Kalziumkarbid.

Diese Arbeit gibt einen Überblick über die von 1953 bis 1958 für die Erzeugung von Ferrolegierungen und Kalziumkarbid aufgestellten Elkem-Öfen. Es werden ein Ofen mit 24 000 kVA für die Herstellung von Ferrosilizium, ein Ofen mit 39 000 kVA für die Herstellung von Karbid und geschlossene Öfen für die Erzeugung von Ferromangan beschrieben. Die Elkem-Öfen, die im Jahre 1953 zum erstenmal anlässlich des III. Internationalen Elektrowärme-Kongresses erwähnt worden sind, haben sich inzwischen gut eingeführt. Der Autor macht schließlich Angaben über die Sammlung des aus den offenen Öfen entströmenden Gases, über das Vorheizen und die Reduktion der Ofencharge.

Bericht Nr. 807, L. DI STASI, Herstellung von selbstbackenden Hohlelektroden mit 3,20 m Durchmesser.

In diesem Bericht wird die Herstellung einer Söderberg-Elektrode mit einem zentralen Hohlraum von 1 m Durchmesser beschrieben, die für einen einphasigen Kalziumkarbidofen mit leitendem Boden der Type Miguel-Perron Verwendung findet. Der Hohlraum wird einerseits zur Chargierung, andererseits zur Gewinnung eines Teiles des CO-Gases verwendet, welches nur in geringen Quantitäten im Verhältnis zu dem sonst im Ofen entwickelten Gas anfällt.

Bericht Nr. 806, L. DI STASI, M. CAVIGLI, Bemerkungen über die Konstruktion von selbstbackenden Elektroden für Lichtbogenöfen. Herstellung einer besonderen Elektrodentypen dieser Art.

Die Autoren analysieren zunächst den Prozeß der Destillation und des Backens der Elektrodenmasse vom thermischen und elektrischen Standpunkt. In den gewöhnlichen Ferrolegierungs- und Kalziumkarbidöfen geschieht dieser Prozeß vor allem durch die durch die Elektroden durchgeleitete Wärme und nicht durch den örtlichen Joule'schen Effekt. Die bisherige Konstruktion der Elektroden bestand in einer Blechhülle, aus welcher Rippen gegen das Innere ragten. Diese hatten den Zweck, eine mechanische Verbindung zwischen der bereits zusammengebackenen und der

rohen Masse herzustellen sowie den Strom in das Innere der Elektroden zu leiten, um dort den Backprozeß durch den Joule'schen Effekt zu erleichtern. Nach der letzten Erkenntnis wäre es möglich, die mechanischen Stützen der Masse durch eine metallische Struktur, die sich nur in ihrem Inneren befindet und die mit der Hülle nicht in Verbindung steht, herzustellen. Dies ermöglicht eine einfache Formgebung der Blechumhüllung und eine Ersparnis an Eisen. Eine solche Konstruktion ist auch gegen eventuelle Überheizungen durch Stromdurchgang, die sich bei der bisherigen Konstruktion oft unangenehm ausgewirkt haben, geschützt.

Bericht Nr. 808, E. MOKROZ, Kalziumkarbidöfen und Graphitierungsöfen im Energiesystem.

Der Autor untersucht zunächst die Entwicklung der Reduktionsöfen, welche heute häufig Leistungen von 20 000 kW erreichen bzw. übersteigen. Vom einphasigen Ofen ist man zum dreiphasigen Ofen übergegangen. Bei diesem wurden die Elektroden zunächst in einer Reihe angeordnet. Das System war daher elektrisch unausgeglichen. Aus dieser Entwicklung ist der Rundofen mit Elektroden an den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks entstanden, der sich, elektrisch gesehen, im Gleichgewicht befindet. Statt der ursprünglich verwendeten dreiphasigen Transformatoren werden heute häufig getrennte Transformatoren für jede Phase vorgesehen. Diese Anordnung begünstigt die Verbesserung des Leistungsfaktors der Öfen. Höherer Leistungsfaktor und ausgeglichene Phasenbelastungen werden um so wichtiger für das anspeisende Netz, je höher die Leistung der Ofen ist.

In modernen Anlagen wird eine Belastung von vielen 1 000 kW nahezu 8 000 Stunden im Jahr ausgenützt. Solche Werke sind daher wichtige Abnehmer für die Elektrizitätsversorgungsunternehmen; unter den genannten Voraussetzungen des guten Leistungsfaktors und der ausgeglichenen Phasenbelastung sollten ihnen günstigste Vertragsbedingungen eingeräumt werden. Der Autor untersucht die Möglichkeit, Öfen dieser Art zum Ausgleich der Netzbelastung einzusetzen, und unterstreicht, daß hierbei die Ofenausbeute sinkt, der Abnehmer daher eine Kompensation im Energiepreis erhalten muß.

Bericht Nr. VIII b, F. Tomonari, Übersicht über die Entwicklung der Karbidindustrie in Japan.

In dieser Arbeit werden interessante Daten über die Entwicklung dieses Fabrikationszweiges in Japan gegeben; im Jahre 1957 wurden mehr als 900 000 t Karbid erzeugt. Der Autor behandelt weiter die für diese Industrie benötigte Menge an elektrischer Energie und deren Verteilung, die Belastungsverhältnisse und den Leistungsfaktor von Karbidöfen, das Verhältnis zwischen Produktivität und verwendetem Rohmaterial und schließlich die gegenwärtige Anwendungsmöglichkeit des geschlossenen Drehherdofens.

Bericht Nr. 801, S. HAZUMI, Ein System zur individuellen Spannungsregelung jeder Phase bei elektrischen Schmelzöfen.

Der Gedanke der Spannungsregelung jeder einzelnen Phase in einem dreiphasigen Ofen ist aus der Notwendigkeit entstanden, jeden Elektrodensumpf, insbesondere in den sehr großen modernen Öfen, einzeln zu regeln. Eine solche Regelung ist möglich, wenn Sternschaltung des Sekundärkreises und eine Verbindung zwischen dem Ofenboden und dem Nullpunkt des Transformators hergestellt ist. Die Anwendung dieses Systems wird bei einem 10 000-kVA-Karbidofen und einem 5 000-kVA-Roheisenofen beschrieben.

Gruppe III: Graphitierungsöfen

Generalberichterstatter C. Ferrante

Bericht Nr. 809, N. NAKAJI, Die Berechnung des Temperaturanstieges in einem Graphitierungsöfen.

Der Bericht beschreibt eine neue graphische Methode zur Bestimmung des Anstieges der Temperatur beim Betrieb eines solchen Ofens, welche die schwierige mathematische

Berechnung wesentlich vereinfacht. Wenn die Konstanten Zeit, Widerstand und Wärmeinhalt gegeben sind, kann der Anstieg der Temperatur in jedem Augenblick für jede aufgewendete Leistung auf graphischem Wege bestimmt werden. Die Richtigkeit dieser Berechnungsmethode wurde durch Messungen bewiesen.

Bericht Nr. 810, Y. Ueda, Die Entwicklung von Graphitierungsöfen.

Die Herstellung von Graphit wird in Japan seit ungefähr 30 Jahren betrieben; die gegenwärtige Produktion an Graphitelektroden beträgt rund 41 000 t pro Jahr, von denen 12 000 t exportiert werden.

Der Bericht befaßt sich mit der Theorie, der Konstruktion, der elektrischen Charakteristik und dem Betriebe solcher Öfen. Ihre Leistung erreicht gegenwärtig 4 500 kVA. Die Öfen werden einphasig mit einer Sekundärspannung, die zwischen 57 bis 110 Volt geregelt werden kann, betrieben. Um den Leistungsfaktor zu verbessern, werden Kondensatorenbatterien auf der Primärseite parallel geschaltet.

Gruppe IV: Wissenschaftliche Forschung

Generalberichterstatter C. Ferrante

Bericht Nr. VIII c, F. Tomonari, Ein elektrischer Ofen für Versuche mit hohen Temperaturen in der Elektrochemie.

Der Autor beschreibt einen Ofen, der für die Bestimmung des Umwandlungspunktes, der Reaktionsgeschwindigkeit, des Dampfdruckes, der elektrischen Leitfähigkeit und des Elektrodenpotentials bei Prozessen, die eine Temperatur bis 3 000°C erfordern, konstruiert wurde. Die Konstruktion des Ofens wird im Detail wiedergegeben und seine Arbeitsweise erläutert.

Bericht Nr. 805, L. CALZAVARA und U. COMMELLATO, Der Gleichgewichtszustand in der Schlackenverteilung bei der Fabrikation von Ferrolegierungen.

Diese Untersuchungen geben die experimentellen Daten über die Verteilung von Mangan in der geschmolzenen Ferrolegierung Eisen-Mangan-Kohlenstoff je nach Graphitsättigung und in Schlacken des Systems $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$ mit einer CO-Atmosphäre im Temperaturbereich von 1 450 bis 1 550°C wieder.

Die Autoren untersuchen die Reduktion des Mangans in Schlacken des obgenannten Systems und leiten daraus theoretische Folgerungen ab.

Bericht Nr. VIII a, E. BONNIER, Neue Reaktionen in der Vakuummetallurgie.

Die Probleme bei der Verarbeitung von reinem Metall durch Vakuumverdampfung sind infolge des Bestehens und der Bedeutung von intermetallischen Affinitäten erschwert, wenn die Anfangsprodukte Mischungen oder flüchtige Metallverbindungen sind. Der Verfasser gibt verschiedene Beispiele der Verarbeitung durch Destillation, insbesondere von Kalzium und Mangan. Diese Beispiele haben auch industrielles Interesse, da sie die Extraktion dieser Metalle mit sehr gutem Wirkungsgrad aus Silikokalzium, Aluminokalzium, Ferromangan und Silikomangan gestatten. Das Kalzium, das durch diesen Prozeß gewonnen wird, ist von besonderer Reinheit und kann mit jenem verglichen werden, das bei thermischer Reduktion unter Vakuum gewonnen wird. Auch das auf diese Weise hergestellte Mangan ist reiner als das elektrolytisch erzeugte.

Bericht Nr. VIII e, H. NIERMANN, Anwendung der Graphitheizung in der Vakuummetallurgie.

Die Behandlung von Stahlschmelzen unter verminderem Druck hat sich in der Praxis der Vakuummetallurgie durchgesetzt. Der Verfasser beschreibt ein derartiges Verfahren, bei dem das Gefäß selbst mit einer Widerstandsbeheizung zum Ausgleich der während der Behandlung entstandenen Wärmeverluste erwärmt wird. Praktische Ergebnisse, Wirtschaftlichkeit des Verfahrens und andere Daten werden in der Arbeit mitgeteilt. O. HERBATSCHKE

Sektion IX: Technische und wirtschaftliche Probleme der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie, bedingt durch Elektrowärmeanwendungen Beratung und Publikationen über Elektrowärmeanwendung durch die Elektrizitätsversorgungsunternehmen

Die Leitung und das Büro dieser Sektion waren Österreich anvertraut. Den Vorsitz führte Herr F. HOLZINGER (Österreich). Vizepräsident war Herr TIBERGHIEU (Belgien). Der Generalbericht wurde von Herrn O. HERBATSCHKE, unterstützt von den Herren V. LANG und O. NIKOLAUS, (alle Österreich) ausgearbeitet. Das Sekretariat hatte Herr O. Nikolaus inne.

In dieser Sektion lagen insgesamt 15 Berichte vor, die ihren Themen nach für den Generalbericht und die Diskussion in vier Gruppen eingeteilt worden waren, und zwar:

1. Netzstörungen durch Lichtbogenöfen und einphasige Belastungen;
2. Verwertung von Schwachlast- und Überschußenergie;
3. Strompreise, Elektrizitätswirtschaftliche Daten, Statistik;
4. Werbung und Verkauf.

Gruppe I: Netzstörungen durch Lichtbogenöfen und einphasige Belastungen

Eine allgemeine Übersicht über die Bedingungen der Energieversorgung von Lichtbogenöfen und der Rückwirkungen ihres Betriebes auf andere Abnehmer wird in dem Bericht von RONCORONI „Bedingungen für Lieferung elektrischer Energie für Lichtbogenöfen“ (Nr. 907) gegeben. Die Rückwirkungen auf das Netz äußern sich im wesentlichen in zyklischen Spannungsvariationen, die in jeder einzelnen Phase auftreten und als „Flicker“ bekannt sind, in häufig wiederkehrenden Schwankungen in jeder einzelnen Phase, die eine größere Amplitude als die zyklischen Schwankungen, aber nur eine geringere Frequenz besitzen, und schließlich in graduellen Schwankungen der dreiphasigen Belastung im Verhältnis von maximal 1:2, deren Dauer einige Sekunden und mehr beträgt. Störungen werden hauptsächlich durch das „Flickern“ verursacht. Die Bedingungen für ihr Auftreten werden untersucht und als Maßnahmen zur Verhinderung angeführt: die Verlegung einer besonderen Hochspannungszuleitung zur Versorgung des Ofens von einem Punkt des Netzes mit genügend großer Kurzschlußleistung, die Aufstellung von Synchron-Phasenschiebern, die einen großen Teil der aktiven und reaktiven Belastungsschwankungen ausgleichen sollen, und die eventuelle Parallelschaltung von Blindwiderständen zu den Transformatoren.

In seinem Bericht „Stromversorgung großer Lichtbogenöfen, einige technische und wirtschaftliche Betrachtungen“ (Nr. 904) gibt HADDOCK neben technischen Daten auch tarifliche Grundlagen für die Versorgung solcher Öfen an. Er untersucht ein Stahlwerk mit einem 15-MVA- und einem 20-MVA-Lichtbogenofen, die von einem Umspannwerk, 132/66 kV, unmittelbar versorgt werden. Die Öfen sind wie üblich über Ofentransformatoren und Drosseln an das versorgende Netz angeschlossen. Die Untersuchung der Strom- und Spannungsschwankungen zeigt, daß bei der getroffenen Anordnung die Störungen der übrigen Abnehmer auf ein erträgliches Maß herabgesetzt werden konnten.

Der Verfasser prüft die Maßnahmen, die bei dem in Zukunft zu erwartenden Wachsen der Ofengrößen zu treffen sind, um störende Belastungsschwankungen zu vermeiden. Einer der Vorschläge geht dahin, sehr große Öfen statt mit drei mit sechs Elektroden auszustatten, ein zweiter, Synchron-Phasenschieber bzw. Transduktoren zu verwenden.

Beim Betrieb von Lichtbogenöfen kann die Versorgung während der Einschmelzzeit kurzzeitig unterbrochen wer-

den; es ist daher möglich, einen Tarif aufzustellen, der bestimmt, daß der Abnehmer seine Leistungsentnahme aus dem Netz während der vier Monate der Werkshöchstbelastung zu gewissen Tageszeiten reduziert. Die Auswirkung eines solchen Tarifes wird an einem praktischen Beispiel gezeigt und als Mittelpreis 1,5 d je kWh errechnet.

VERHOEVEN untersucht in seiner Arbeit über „Probleme, die durch die Versorgung von Abnehmern mit stark veränderlicher Belastung wie Lichtbogenöfen größerer Leistung entstehen“ (Nr. 908) am Beispiel eines 100-t-35-MVA-Ofens die auftretenden Netzstörungen. Dem Ofen, der mit einer Spannung von 150 kV aus dem Netz bzw. mit 70 kV aus einem parallel dazu arbeitenden Kraftwerk versorgt wird, ist eine Synchron-Maschine mit 30 MVA parallelgeschaltet. Der Bericht erwähnt die auftretenden Störungen beim Ofenbetrieb durch „Flicker“, inverse Komponenten und höhere Harmonische und kommt, wie die übrigen Autoren, zu dem Ergebnis, daß nur das Flimmern von wesentlichem Einfluß ist. Diese Erscheinung wurde vor Aufstellung des Ofens theoretisch auf Grund des AIEE-Diagrammes untersucht und nach Inbetriebnahme des Ofens durch ein von der Electricité de France entwickeltes elektronisches Gerät geprüft. Es wurde festgestellt, daß die zulässigen Werte trotz der durchgeführten Maßnahmen wesentlich überschritten worden sind.

Mit der Symmetrierung einphasiger Belastungen, vor allem für Induktionsöfen, befassen sich zwei Arbeiten. Der Bericht von DAIME über „Das Verhalten der elektrischen Apparate bei Netzfrequenz-Induktionsofenanlagen“ (Nr. 903) betont, daß die stets vorhandenen Kondensatoren mit dem Netztransformator Schwingungskreise bilden, durch welche Einschalt Schwierigkeiten auftreten können, die sich in einem Stromstoß und einer Überspannung von kurzer Dauer auswirken können. Es ist daher notwendig, den Ofen und die Schaltapparate diesen Erscheinungen anzupassen. Der Verfasser entwickelt eine Berechnungsmethode für die bei dreiphasigem Anschluß mit statischen Kompensationseinrichtungen (Drosseln und Kondensatoren) auftretenden Überströme und bespricht die Mittel, um Höhe und Dauer dieser Stöße herabzusetzen. Die beim Einschalten auftretenden Überspannungen sind für die Schaltapparate ungefährlich, die beim Öffnen der Stromkreise auftretenden können hingegen Schwierigkeiten mit sich bringen, die sich aber durch entsprechende Maßnahmen vermeiden lassen. Die stets vorhandenen Harmonischen, vor allem die Fünfte, führen zu erhöhter Stromaufnahme, die durch die Schaltgeräte beherrscht werden muß. Um eine Resonanz zu vermeiden, muß das Verhältnis der Grundfrequenz zur fünften bzw. siebenten Harmonischen so weit wie möglich von eins entfernt sein. Verschiedene andere Maßnahmen wie geringe Sättigung des Netztransformators, Überdimensionierung der Sammelschienen zur Erhöhung der Widerstände und entsprechende Konstruktion der Schalt- und Steuerapparate sind vorzusehen.

In der Arbeit von ROVA, „Symmetrierung einphasiger Belastungen und ihre Wirtschaftlichkeit“ (Nr. IX c) wird festgestellt, daß für kleinere und mittlere Geräte nur eine Symmetrierung durch statische Mittel in Betracht kommt. Diese besteht in einer reaktiven Belastung, die gleichzeitig eine Verbesserung des Leistungsfaktors gestattet. Für verschiedene Leistungsfaktoren des Ofens werden die Größen der Induktivitäten bzw. Kapazitäten, die notwendig sind, um einen gewünschten Leistungsfaktor der Gesamtanordnung zu erzielen, je Einheit der Scheinleistung in den drei Phasen berechnet. Bei Verwendung von Hilfsspannungen ist es möglich, mit der Anordnung der Reaktanzen in nur zwei Phasen auszukommen. Die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit einer Symmetrieranordnung zeigt, daß die Kosten der Kompensation einschließlich Leistungsfaktorverbesserung etwa 12% betragen, wenn die Anlage an Mittelspannung angeschlossen wird. Da die Verbesserung des Leistungsfaktors allein etwa 8% der Kosten verursachen

würde, ist die Wirtschaftlichkeit der Kompensationseinrichtung gegeben. Beim Anschluß an Niederspannung werden diese Verhältnisse allerdings ungünstiger. Für die Untersuchungen des gleichen Problems bei variablen Oberflächenbelastungen sind bisher verschiedene Vorschläge ausgearbeitet worden; es liegen aber bisher noch keine praktischen Anwendungen vor.

Gruppe II: Verwertung von Schwachlast- und Überschußenergie

HALLMANN und PARKE berichten über die „Verwendung von Überschußenergie zur Auffüllung der Belastungstäler durch Verwendung von Elektrokesseln für Dampf- und Heißwasserbereitung“ (Nr. 905). Die Kessel finden in Schweden hauptsächlich in der Zellstoff- und Papierindustrie Verwendung, in Fernheizwerken, bei denen sie alternativ mit Gegendruckanlagen arbeiten, sowie auch in der chemischen und metallurgischen Industrie. Mit parallel geschalteten Speichern werden Elektrokessel in Molkereien, Bädern, Spitälern usw. verwendet. Die größten aufgestellten Einheiten haben eine Leistung von 30 000 kW. 4% der gesamten hydraulischen Produktion des Jahres 1957 sind für diese Zwecke abgesetzt worden.

MOULE bespricht in der Arbeit „Industrielle Speicher-Raumheizung mit elektrischer Energie“ (Nr. 909) technische und tarifarische Probleme. In Ländern mit überwiegend kalorischer Energieerzeugung wie z. B. Großbritannien können wegen der wachsenden Maschinengröße moderne Großkraftwerke zu bestimmten Tages- bzw. Nachtzeiten nicht mehr im Bereich ihres optimalen Wirkungsgrades betrieben werden. Dazu kommt die steigende Bedeutung der Atomkraftwerke, die stets mit gleicher Last betrieben werden müssen. Es müssen daher zusätzliche Schwachlastkonsumenten gefunden werden, um die Ausnützung zu verbessern, den Wirkungsgrad zu steigern und Brennstoffersparnis zu erzielen. Dafür erscheint die elektrische Speicher-Raumheizung besonders geeignet. Von den möglichen Methoden wird vor allem die Fußbodenheizung besprochen, bei welcher entweder Heizkabel unmittelbar in Beton eingebettet oder auswechselbar unter Aluminium-Schutzblechen verlegt werden. Die Anschaffungskosten sind niedriger, die Betriebskosten etwa gleich jenen einer Zentralheizung mit den üblichen Brennstoffen.

Um den verschiedenen technischen Lösungen Rechnung zu tragen, wurden bei Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen der Länge der Sperrzeit und den notwendigen Speichermassen drei verschiedene Tarife durch den South of Scotland Electricity Board erstellt, von denen jener mit dem höchsten Strompreis nur je zwei Sperrstunden während der Monate November bis Februar, der mit dem niedrigsten Strompreis zwei Sperrzeiten von je vier Stunden täglich während der Wintermonate vorsieht. Der Autor betont, daß die elektrische Speicherheizung wirtschaftlich ist, weil der Wirkungsgrad der großen Kraftwerke so hoch ist, daß er von anderen Feuerungen nicht erreicht werden kann und weil die Kraftwerke hauptsächlich Brennstoffe benützen, die sonst überhaupt nicht verwendbar wären.

Einen Überblick über die Verwertung von Schwachlastenergie in Österreich gibt SKACEL in seinem Bericht „Nachtstromverbraucher-Elektrowärmeconsumenten; Einfluß und Bedeutung des Nachtstromtarifes auf den Elektrowärmeconsum eines Versorgungsgebietes“ (Nr. IXa), der in Heft Nr. 5/6 1959 der „Elektrowärme“ (Beilage zu Heft 11/1959 der ÖZE, Jahrgang 12) vollinhaltlich wiedergegeben ist.

Gruppe III: Strompreise, elektrizitätswirtschaftliche Daten, Statistik

In seiner Arbeit über „Wirtschaftliche Probleme der Stromversorgung für industrielle Elektrowärmezwecke, Strompreisgestaltung und Meßmethoden“ (Nr. 901) behandelt MICHEL eine Tarifierungsmethode, bei welcher der Abneh-

mer eine Ermäßigung der Energiepreise für Elektrowärmezwecke ohne Änderung der bestehenden Industrietarife erhält. Bei den deutschen Elektrizitätsversorgungsunternehmen wird für Sonderabnehmer wahlweise ein leistungspreisbetonter oder ein arbeitspreisbetonter Tarif angewendet. Der Schnittpunkt beider Tarife liegt in der Regel bei einer verhältnismäßig hohen Benützungszahl. Abnehmer, welche diese Ausnützung nicht erreichen und daher zum arbeitspreisbetonten Tarif verrechnet werden, würden einen für den Elektrowärmeverbrauch zu hohen durchschnittlichen Strompreis zu bezahlen haben. Der Verfasser schlägt vor, diesen Abnehmern den Arbeitspreis des leistungspreisbetonten Tarifes für den Wärmeverbrauch zu gewähren und diesen durch eine Subzählung festzustellen. Diese Art der Verrechnung wird nur bis zum Schnittpunkt der beiden Tarife zugelassen und der Durchschnittspreis je kWh darf nicht unter einen gewissen Betrag sinken; andernfalls wird für den ganzen Verbrauch der leistungspreisbetonte Tarif verrechnet.

In einem aufschlußreichen, mit vielen statistischen Daten belegten Bericht über „Elektrochemie und Elektrowärme als Großverbraucher der elektrischen Energie“ (Nr. 910) stellt FILIPOVIC fest, daß die Anwendung der Elektrowärme für diese Prozesse dort ständig zunimmt, wo entsprechende Strompreise zur Verfügung stehen. Es ist daher außerordentlich wichtig, auf die Entwicklung dieser Strompreise ein besonderes Augenmerk zu richten. Um diese richtig auslegen zu können, sind genaue Kenntnisse der Produktionsmöglichkeiten, der Betriebscharakteristiken der einzelnen Prozesse sowie ihres Leistungs- und Stromverbrauches unbedingt erforderlich. Um die für die Gewährung solcher Tarife neben der hohen Jahresausnützung erforderliche gute Anpassung der Abnahmeverhältnisse an die Netzbelastung zu erzielen, muß in jedem Betrieb geprüft werden, wie weit die notwendigen Belastungsreduzierungen wirtschaftlich vertretbar sind. Die Aufstellung eines Relationsdiagramms zwischen den Kosten der Produktion und dem Strompreis bei verschiedenen Ofenbenützungzeiten kann zur Klärung solcher Fragen wesentlich beitragen. Bei den Anschlußbedingungen ist zu berücksichtigen, daß durch starke Belastungsschwankungen, Oberwellen und Blindverbrauch ungünstige Rückwirkungen auf die Netze entstehen können.

Zur Klärung der Tarifrager entwickelt der Verfasser ein rechnerisches und graphisches Verfahren zur Aufteilung der fixen Kosten, das die täglichen und saisonmäßigen Veränderungen der Netzbelastungen und die Benützungszeit berücksichtigt und bestrebt ist, jedem Abnehmer jene Kosten zuzuweisen, die seinem Anteil an der Gesamtbelastung entsprechen. Die Arbeit enthält außerdem interessante Daten über die elektrothermische und die elektrochemische Industrie Jugoslawiens.

Mit der „Möglichkeit der Anpassung des Betriebes von industriellen Elektroöfen an den „Tarif Vert““ (Nr. 911) beschäftigt sich ETIENNE. Vollständige Unterbrechung des Betriebes, Reduzierung der Belastung und Betrieb mit Nennlast während jeder der drei in dem genannten Tarif vorgesehenen Perioden eines Tages, also insgesamt neun Möglichkeiten, werden eingehend untersucht und Beispiele aus verschiedenen Industrien besprochen. Die am häufigsten vorkommende Kombination ist jene, bei welcher die Leistung nur während der Spitzenzeit reduziert, während der übrigen beiden Perioden aber mit Nennlast gefahren wird. Eine weitere Anpassungsmöglichkeit besteht dort, wo Eigenerzeugung vorhanden ist.

Etienne untersucht ebenso wie Filipovic die wirtschaftliche Frage des durch Belastungsreduktion entstehenden Produktionsausfalles und stellt fest, daß nur eine gesamtwirtschaftliche Betrachtung zeigen kann, ob eine Belastungsreduktion gerechtfertigt ist. Um die maximal dem Netz entnommene Leistung möglichst nahe an die mittlere Leistung, die immer kleiner ist als die installierte Leistung,

heranzubringen, werden Bimetallregler in jeder Heizzone der Öfen vorgeschlagen und an einem praktischen Beispiel gezeigt, daß das angestrebte Ziel tatsächlich annähernd erreicht werden kann.

In einer speziellen Studie über „Statistische und meßtechnische Untersuchung der Elektrowärmeanwendung in den Industrie- und Gewerbebetrieben West-Berlins“ (Nr. IX d) beschreibt OPPERT die bei der Erhebung von Zahl und Anschlußwert der Öfen und Geräte (einschließlich Schweißgeräte), Stromverbrauch, Ausnützungsdauer, Belastungsverlauf usw. angewendeten Methoden. Bei Anlagen mit Wärme-Sonderabkommen wurden die beiden ersten Daten aus den Vertragsunterlagen ermittelt, während bei den Tarifabnehmern die zur Grundpreisüberprüfung benutzten Daten herangezogen wurden. Außer dem Wärmestromverbrauch wurde auch der Gesamtverbrauch festgestellt. Die Ergebnisse sind in Zahlentafeln niedergelegt, die einerseits nach Industrie- und Gewerbearten, andererseits nach Ofen- und Gerätearten geordnet sind. Die Belastungscharakteristiken der verschiedenen Industriebetriebe werden in einer Reihe von Diagrammen gezeigt. Es ist bemerkenswert, daß bei einem Anstieg des Gesamtverbrauches bei Sonderabnehmern in acht Jahren um rund 173% der Wärmeverbrauch um 375% gestiegen ist.

Gruppe IV: Werbung und Verkauf

JACKSON zählt in seinem Bericht „Verkauf von Elektrowärme (Nr. 902) die Anforderungen auf, die an die Organisation einer Verkaufsabteilung für industrielle Elektrowärme bei Elektrizitätsversorgungsunternehmen und an die Eigenschaften der mit diesen Arbeiten beschäftigten Ingenieure gestellt werden müssen. Da der persönliche Kontakt ausschlaggebend ist, sollen diese Ingenieure eine umfassende Ausbildung erhalten und nicht nur das Gebiet der industriellen Elektrowärmeverwendung vollkommen beherrschen, sondern auch Kenntnisse der modernen Fertigungsmethoden im allgemeinen und der Produktionsmethoden der von ihnen bearbeiteten Industrien im besonderen besitzen.

Die Voraussetzung einer derartigen Werbung ist eine richtige Tarifpolitik. Der beim South Wales Electricity Board für diese Zwecke eingeführte Tarif sieht die Verrechnung eines Leistungspreises nur während der Zeit der Höchstlast, d. i. während etwa 300 Stunden im Jahr, vor, während er für weitere 700 Stunden nur dann berechnet wird, wenn der Abnehmer der Aufforderung zur Abschaltung seiner Elektrowärmanlagen nicht nachkommt. Dieser Tarif hat sich bereits gut bewährt. Jackson betont die Notwendigkeit, Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchzuführen, welche alle Einflüsse berücksichtigen.

Der Verfasser bringt schließlich eine Analyse der Vor-

teile der industriellen Elektrowärmeanwendungen, bespricht kurz die Methoden der Verkaufwerbung wie Publikationen, Ankündigungen, Ausstellungen usw. und erläutert die Möglichkeiten für die weitere Verbreitung der Elektrowärme.

GASNAULT behandelt in der Arbeit „Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Elektrowärme, Aufgaben der Verkaufsabteilung“ (Nr. 906) die Organisation der Werbetätigkeit für dieses Gebiet bei der Electricité de France. Er betrachtet es für wünschenswert, daß in jedem Versorgungsgebiet, das eine größere Anzahl von industriellen Abnehmern umfaßt, mindestens ein mit der Elektrowärme vertrauter Ingenieur tätig ist, der die genauen Erfordernisse der betreffenden Industrien, die er bearbeitet, kennt und daneben eine grundlegende Kenntnis der Elektrowärmeanwendungen und der Tarife besitzt. Die Ingenieure dieser Stellen müßten außerdem einen ständigen Kontakt mit den Herstellerfirmen aufrechterhalten, um die Vorzüge und Mängel der einzelnen Fabrikate kennen zu lernen und über die neuesten Entwicklungen informiert zu sein.

Der Verfasser bespricht weiter die publizistischen Mittel und andere Möglichkeiten der Elektrowärme-Werbung sowie die Notwendigkeit, Finanzierungsmöglichkeiten für neue Anlagen zu schaffen.

Über den Aufgabenkreis der öffentlichen Elektrizitätsversorgung bei der Förderung der industriellen Elektrowärme in der Deutschen Bundesrepublik berichtet ZILLMER in seiner Arbeit „Elektrizitätsversorgungsunternehmen und industrielle Elektroöfen“ (Nr. IX b). An der Abgabe von Energie für diese Zwecke sind jene Werke, die elektrische Energie erzeugen und verteilen, besonders, reine Verteilungsunternehmen weniger interessiert, während sich Betriebe für gemeinsame Gas- und Elektrizitätsversorgung kaum mit der Anwendung der Elektrowärme befassen. Bei letzteren wird aus betriebswirtschaftlichen Gründen der Absatz der Wärmeenergie hauptsächlich dem Gas vorbehalten.

Beim Wettbewerb der Elektrizitätsversorgungsunternehmen für industrielle Wärmezwecke gegenüber anderen Energiearten ist zu beachten, daß die reinen Energiepreise stets höher sind als die der Konkurrenz-Energie, so daß die Wirtschaftlichkeit der Elektrowärmeanwendung nur durch ihre sonstigen Vorzüge erreicht werden kann. Die Aufstellung klarer Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Energiebilanzen ist daher unbedingt notwendig. Obwohl in Deutschland gegenwärtig die Ölwärme im Wettlauf führend ist, betrug die Zunahme des Produktionswertes der industriellen Elektroöfen zwischen 1952 und 1956 etwa 200%; im Jahre 1956 allein wurden Elektrowärmegeräte für rund 100 000 000 DM produziert, deren Nennleistung auf rund 600 000 kW geschätzt wird.

O. Herbatschek

Sektion X: Forschung

Diese Sektion hatte sich mit den Problemen der Forschung und der technischen Entwicklung zu befassen. Den Vorsitz führte W. DE RUITER (Holland), Vizepräsidenten waren die Herren P. I. PEYCHES (Frankreich) und U. SHINOHARA (Japan). Wegen des großen Umfangs der Arbeiten wurden vier Generalberichterstatter (die Herren L. BEUKEN, F. LAUSTER, M. ROULAND und C. CODEGONE) und vier Sekretäre bestellt.

Die Sektion nahm wegen der Größe des ihr zugeteilten Gebietes eine besondere Stellung ein. Dies ergibt sich nicht nur aus der großen Zahl der Berichte (insgesamt 39), sondern auch aus den außerordentlich weitläufigen Diskussionen, die während der Sitzungen abgehalten wurden.

Die Berichte waren in vier Gruppen eingeteilt, für die

je ein Generalberichterstatter bestellt wurde. Diese Einteilung umfaßte:

- Temperaturmessung und -überwachung,
- Wärmeübergang,
- Untersuchung neuer technischer Verfahren,
- Elektrowärme-Laboratorien.

Es ist nicht möglich, in kurzen Referaten den Inhalt dieser, häufig mit mathematischen Methoden erfolgten Darstellungen wiederzugeben. Es muß daher auf die Originalarbeiten, die in den Berichtsbänden, die von der Union Internationale d'Electrothermie, 14, Rue de Staël, Paris 15^e, herausgegeben werden, hingewiesen werden.

Das vorliegende Heft enthält an erster Stelle den österreichischen Beitrag in dieser Sektion über „Die Abkühlung elektrischer Öfen“ von A. LEITNER.

O. Herbatschek

Widerstandsschweißen

Widerstandsschweißmaschinen haben für die industrielle Fertigung große Bedeutung. Bei den Verhandlungen zwischen Maschinenbenützern bzw. -erzeugern und den EVU hat sich häufig gezeigt, daß nicht genügend Verständnis für die auftretenden Probleme besteht. Der Verband der E-Werke und die Erzeuger von Widerstandsschweißmaschinen haben daher in der Vortragsreihe „Widerstandsschweißmaschinen“, die im November 1959 im Außeninstitut der Technischen Hochschule in Wien und im Februar 1960 an der Montanistischen Hochschule in Leoben stattgefunden hat, diese Probleme ausführlich behandelt. Die beiden folgenden Arbeiten befassen sich vor allem mit jenen Fragen, welche für die Wirtschaft von Bedeutung sind.

Stromversorgung von Widerstandsschweißmaschinen

Von Dipl.-Ing. HERBERT MODITZ, Graz

Mit 12 Textabbildungen

I. Allgemeines

Die Widerstandsschweißmaschine ist ein Stromverbraucher, dessen Betriebsweise von jener der üblichen Licht-, Kraft- und Wärmestromverbraucher wesentlich abweicht. Dieses Verhalten stellt sich zunächst zwar nur als versorgungstechnisches Problem dar, mündet aber letzten Endes in eine die Maschinenhersteller, die Stromlieferungsunternehmen und die Abnehmer in gleicher Weise berührende Wirtschaftlichkeitsfrage ein.

An sich ist es ja meist so, daß derartige Fragen erst dann zu einer näheren Befassung Anlaß geben, wenn in einem Betrieb die Installation einer Schweißmaschine aus versorgungstechnischen Gründen nicht zugelassen werden kann bzw. wenn der Anschluß einen dem Abnehmer nur schwer verständlichen Aufwand an Verstärkungsmaßnahmen im Netz des Versorgungsunternehmens erfordert. Sofern es sich hier nur um wenige Einzelfälle handeln würde, könnte man sich vielleicht auf deren gesonderte Behandlung beschränken, ohne weiter auf das Grundsätzliche des Problems einzugehen. Nachdem es sich aber eindeutig zeigt, daß die produktionstechnischen Vorteile, welche der Einsatz von Widerstandsschweißmaschinen in der modernen Fertigung bietet, einen erheblichen Anreiz geben, in immer stärkerem Ausmaß solche Maschinen zu installieren und andererseits sich die Anschlußschwierigkeiten mehren, erscheint im Interesse aller Beteiligten eine grundsätzliche Behandlung dieser Fragen von wesentlicher Bedeutung. Zur Unterstreichung dieser Feststellungen sei auf die Ergebnisse der diesbezüglichen statistischen Erhebungen hingewiesen. Es handelt sich dabei um Ziffern, welche im Versorgungsgebiet der steirischen Landesgesellschaft ermittelt wurden; es ist anzunehmen, daß in gleichartig industrialisierten Gebieten die Verhältnisse ähnlich liegen. Danach ergeben sich für die Jahre 1954 und 1959 folgende Werte:

Jahr	1954	1959
	Summe der installierten Nennleistungen in kVA	
Punktschweißmaschinen	634	2 763
Nahtschweißmaschinen	715	1 368
Stumpfschweißmaschinen	851	3 750
	2 200	7 881

Innerhalb von fünf Jahren hat sich somit die installierte Leistung dieser Geräte auf das etwa dreieinhalbfache erhöht.

II. Versorgungstechnische und versorgungswirtschaftliche Nachteile der Widerstandsschweißmaschinen

Die versorgungstechnischen und versorgungswirtschaftlichen Besonderheiten, welche die Widerstandsschweißmaschinen vom Verhalten typischer Stromverbraucher unterscheiden und mit denen sich die Versorgungsunternehmen auseinanderzusetzen haben, sind gekennzeichnet durch

1. den stark intermittierenden Charakter der Schweißlast mit sehr kurzzeitigen hohen Belastungsspitzen,
2. den hohen Blindstrombedarf,
3. die einphasige Belastung,
4. die sehr geringe Benutzungsdauer der beanspruchten Leistung.

Die Grundursache für diese ungünstigen Verhältnisse liegt in erster Linie in den technologischen Erfordernissen des Schweißvorganges, bei dem innerhalb ganz kurzer Zeitspannen sehr hohe Wärmemengen in einem bestimmten Punkt freigesetzt werden müssen. An sich ist zwar die zur Gefügeänderung an der Schweißstelle theoretisch erforderliche Wärmemenge unabhängig von der Schweißzeit, d. h. es könnte demnach mit kleineren Strömen innerhalb einer längeren Zeit die gleiche Temperaturerhöhung an der Schweißstelle erreicht werden. Da jedoch von der zwischen den Elektroden umgesetzten Wärmemenge ein großer Teil als Verlustwärme durch die zu verschweißenden Teile abgeführt wird, muß die Widerstandsschweißung mit einem Leistungsumsatz an der Schweißstelle arbeiten, der den Verlustwärmeumsatz bis zum Erreichen der nötigen Schweißtemperatur bei weitem übertrifft. Nachdem andererseits aus technologischen Gründen vermieden werden muß, daß die Umgebung der Schweißstelle durch die abgeführte Verlustwärme sich zu stark erhitzt, ergibt sich die Forderung nach möglichst kurzen Schweißzeiten bei hohen Schweißströmen. Dies liegt auch im Interesse eines guten thermischen Wirkungs-

grades der Maschine, worunter das Verhältnis zwischen der theoretisch zur Gefügeänderung erforderlichen Wärmemenge und dem tatsächlichen Wärmearaufwand an der Schweißstelle zu verstehen ist.

Da für die Abfuhr der Verlustwärme die Leitfähigkeit des betreffenden Metalles entscheidend ist, sind entsprechend der größeren Wärmeleitfähigkeit der Leichtmetalle, z.B. bei Aluminium, wesentlich kürzere Schweißzeiten als bei Stahl erforderlich. Je nach Art des Schweißvorganges gelangt man so zu Schweißimpulsen mit einer Zeitdauer in der Größenordnung von $\frac{1}{50}$ Sek. bis zu 3 Sek. und zu Schweißströmen von 1 000 A bis etwa 100 000 A.

Die diesen technologischen Forderungen gerechtwerdenden üblichen konstruktiven Lösungen für die Schweißmaschinen bringen ihrerseits rein elektrotechnisch bedingt den Nachteil der einphasigen Belastung und einen durch das ungünstige Verhältnis von Blind- zu Wirkwiderstand gegebenen niedrigen Leistungsfaktor mit sich. Dieses Verhältnis beträgt im Mittel ungefähr 3:1 bei großen Maschinen bis 2:1 bei kleinen Maschinen, wobei die für den Blindwiderstand maßgebliche sekundäre Streureaktanz im wesentlichen durch die räumlichen Abmessungen der Maschinen, insbesondere von der durch die Werkstückgröße bedingten Ausladung, bestimmt wird, während für die Bemessung der Leiterquerschnitte, von der der Wirkwiderstand weitgehend abhängt, die Notwendigkeit, zur Erzielung eines guten Maschinenwirkungsgrades die Verluste und damit auch die erforderliche Sekundärspannung niedrig zu halten, maßgebend ist. An sich liegen die gegenständlichen Reaktanz- bzw. Widerstandswerte zwar in der Größenordnung von nur einigen $100\ \mu\Omega$ bis zu einigen m Ω , zusammen mit den großen Strömen gewinnen sie jedoch entscheidende Bedeutung. Den angegebenen Relationen entsprechen Leistungsfaktoren in Kurzschluß, d. h. beim Stromdurchgang durch die Maschine ohne Werkstück, von 0,3 bis 0,45.

Von der gesamten Wirkleistungsaufnahme der Maschine wird nun je nach Relation zwischen gesamtem Widerstand zum Werkstückwiderstand nur ein entsprechender Anteil in Schweißwärme umgesetzt. Das

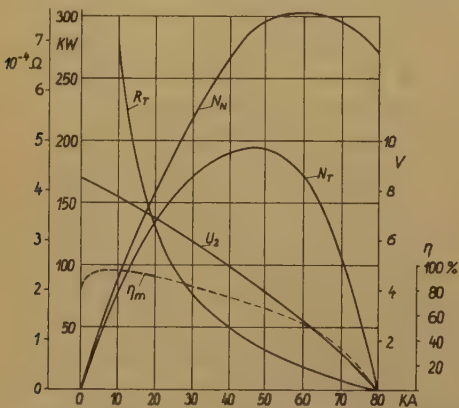


Abb. 1. Kennlinien einer Widerstandsschweißmaschine

Verhältnis der an der Schweißstelle umgesetzten Wirkleistung zur gesamten Wirkleistungsaufnahme bestimmt den jeweiligen Maschinenwirkungsgrad. Entsprechend der Veränderung des Werkstückwiderstandes verändert sich bei fester Sekundärspannung die zwischen den

Elektroden umgesetzte Wirkleistung. Den Verlauf dieser Veränderung kann man aus den in Abb. 1 dargestellten Maschinenkennlinien ersehen, welche den charakteristischen Verlauf der an den Elektroden umgesetzten Wirkleistung N_T , der von der Maschine aufgenommenen Wirkleistung N_N , des Werkstückwiderstandes R_T , der Sekundärspannung U_2 und des Maschinenwirkungsgrades in Abhängigkeit vom Schweißstrom zeigen.

Die dem Netz beim Schweißvorgang effektiv entnommene maximale Leistung geht infolge der Impedanzzunahme im Schweißstromkreis durch Einbringen des Werkstückes auf 0,8 bis 0,9 der Kurzschlußleistung zurück; gleichzeitig steigt auch der Leistungsfaktor an, so daß im allgemeinen im Normalbetrieb mit Leistungsfaktoren von 0,4 bis 0,7 bei großen und mittleren Maschinen und von 0,6 bis 0,8 bei kleinen Maschinen, insbesondere bei Punktschweißzeugen, gerechnet werden kann. Dies bedeutet aber immerhin, daß im Verhältnis zum Wirkleistungsbedarf der Maschine durchschnittlich ein etwa zwei- bis dreimal so hoher Scheinleistungsaufwand bzw. ein gleich bis doppelt so hoher Blindleistungsaufwand erforderlich ist. Dadurch ergibt sich eine entsprechende Erhöhung der durch das Verfahren an sich bedingten Leistungsstöße und der

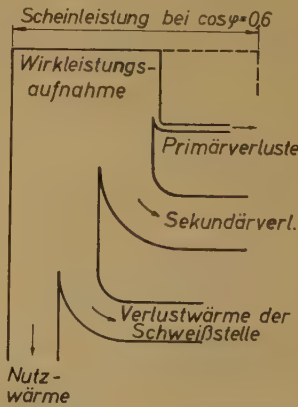


Abb. 2. Energiebilanz einer Widerstandsschweißmaschine

Spannungsabfälle und schließlich in der Gesamtheit aller dieser Einflüsse eine außerordentlich geringe Ausnutzung der Übertragungsanlagen, da der hohen Leistungsentnahme kein entsprechender Verbrauch an Wirkarbeit gegenübersteht.

Betrachtet man schließlich zusammenfassend unter Berücksichtigung der geschilderten Gesichtspunkte die Leistungsbilanz einer normalen Widerstandsschweißmaschine, welche z.B. mit einem mittleren Leistungsfaktor von 0,6 arbeitet, so ergibt sich, ausgehend von der für die Netzbelastung interessanten Scheinleistungsbedarf dieser Maschine bis zur tatsächlich nutzbar umgesetzten Wirkleistung, die Energiebilanz nach Abb. 2.

III. Auswirkungen des Betriebes von Widerstandsschweißmaschinen auf das Verteilnetz

Durch die intermittierende Belastung werden in den Verteilnetzen Spannungsschwankungen mit relativ großer Frequenz verursacht, wie sie in ähnlichem Ausmaß auch durch den Betrieb von Lichtbogenöfen und Sägegattern entstehen. Während solche Spannungsschwankungen, sofern ihre Amplitude nicht zu groß ist, den

Betrieb von Kraft- und Wärmestromverbrauchern kaum beeinflussen, werden sie bei Beleuchtungseinrichtungen, mitunter auch bei Fernsehgeräten, bei denen schon geringfügige Schwankungen der Lichtemission störend wirken, sehr unangenehm empfunden. Dieser Umstand ist sowohl physiologisch durch die Art der Reaktion des menschlichen Auges, als auch durch den bei Glühlampen mit der dritten bis vierten Potenz des Spannungsabfalles sich ergebenden Rückgang der Lichtausbeute bedingt. Durch eingehende, von der Studienabteilung der *Électricité de France* durchgeführte umfangreiche Reihenuntersuchungen wurde dazu folgendes festgestellt:

Vom menschlichen Auge werden Lichtschwankungen im Frequenzbereich von 20 Hz schon bei sehr kleinen Amplituden als störend empfunden. Ermittelt man für verschiedene relative Lichtschwankungen $\Delta\varphi$ und Frequenzen die Punkte, bei denen die gleichen relativen Störungen wahrgenommen werden, so ergeben sich die in Abb. 3 dargestellten Kurven, die alle auf ein relatives Empfindungsmaximum bei 20 Hz hinweisen, d. h. daß schon sehr kleine relative Lichtschwankungen bei 20 Hz wahrgenommen werden. Die Störschwelle ist dabei durch die unterste Kurve gegeben.

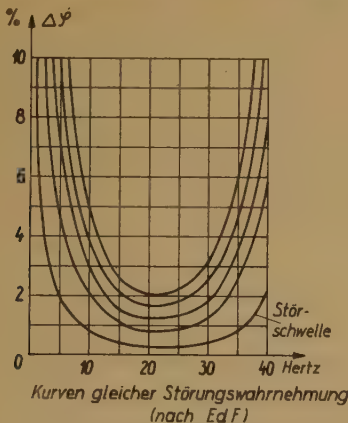


Abb. 3. Lichtflimmern: Kurven gleicher Störungswahrnehmung

Ferner wurde im Rahmen dieser Untersuchung festgestellt, daß die Wahrnehmbarkeit der Störung mit dem Quadrat der Amplitude der Lichtschwankungen zunimmt und daß die Störungen gleichwertig sind, wenn ihre Zeitintegrale gleich groß sind.

Die Frequenz von 20 Hz ist jedoch nicht in gleicher Weise auch die kritische Frequenz für die Spannungsschwankungen. Durch die Wärmekapazität des Glühfadens besteht, wie bereits erwähnt, zwischen den Spannungsschwankungen und den Schwankungen der

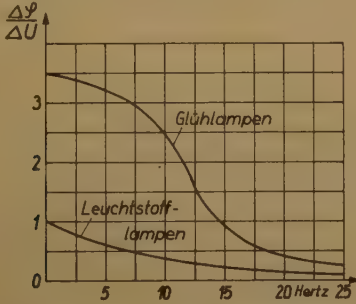


Abb. 4. Spannungsabfall und Lichtemission

Lichtemission kein linearer Zusammenhang, wie aus Abb. 4, welche die Abhängigkeit des Verhältnisses zwischen relativer Änderung der Lichtemission und relativem Spannungsabfall von der Schwankungsfrequenz darstellt, hervorgeht.

Danach beträgt z.B. bei einer Störfrequenz von 10 Hz die Änderung der Lichtemission das 2,5fache der Spannungsänderung. Bedeutend günstiger liegen, wie gleichfalls dargestellt, die Verhältnisse bei Leuchtstoffröhren, bei denen sich die Lichtemission infolge der andersartigen Lichterzeugung in wesentlich geringerem Ausmaße ändert.

Kombiniert man die Kurven der Abbildungen 3 und 4, so erhält man die in Abb. 5 dargestellten Grenzkurven, welche entsprechend der Frequenz der Spannungsschwankungen die jeweils noch tragbaren relativen Spannungsänderungen bei Beleuchtung durch Glühlampen- bzw. Leuchtstoffröhren angeben.

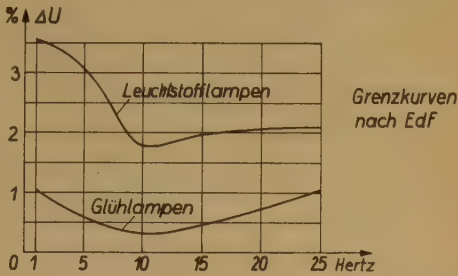


Abb. 5. Lichtflimmern: Grenzkurven nach EdF

lampen- bzw. Leuchtstoffröhren angeben. Beide Kurven haben ihr Minimum bei 10 Hz bei 0,3% bzw. 1,7% Spannungsabfall. Mit zunehmender bzw. abnehmender Frequenz geht die Störungsempfindlichkeit entsprechend zurück.

Ähnliche von amerikanischen Versorgungsunternehmen durchgeführte Untersuchungen erbrachten mit geringen Abweichungen im Prinzip dieselben Ergebnisse. Das Maximum der dabei für Beleuchtung mit Glühlampen ermittelten Grenzkurve (Abb. 6) liegt statt bei 10 Hz bei 6 bis 8 Hz, wobei die Störschwelle bei 0,4% Spannungsabfall liegt, während die Wahrnehmbarkeit des Lichtflimmerns bereits bei 0,25% einsetzt.

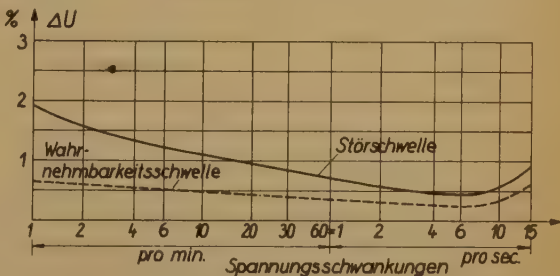


Abb. 6. Lichtflimmern: Grenzkurven nach amerikanischen Untersuchungen

Wesentlich ist bei dieser Grenzkurve, daß sie auch Spannungsschwankungen von weniger als 1 Hz erfaßt.

Die für Glühlampen genannten Werte beziehen sich im übrigen sämtlich auf Beleuchtungsanlagen mit Lampeneinheitenleistungen von 40 W bis 60 W. Bei höheren Lampeneinheitenleistungen zeigt sich entsprechend der größeren Wärmekapazität des Glühfadens eine absolut geringere Empfindlichkeit und eine Verschiebung des Störungsmaximums in den Bereich von 4 bis 6 Hz, wo-

bei die Störschwelle dann bei etwa 0,7% Spannungsabfall liegt. Wenn nun auch, wie ersichtlich, die Verhältnisse bei Leuchtstoffröhren bedeutend günstiger sind, so muß doch in erster Linie auf die für Glühlampen zulässigen Spannungsabfälle Rücksicht genommen werden; denn gerade in jenen Beleuchtungsanlagen, wo Lichtstörungen am ehesten wahrgenommen werden, also z.B. in den Haushalten, Gaststätten und verschiedenen Gewerbebetrieben, stellt die Glühlampe von 40 bis 60 W den derzeit häufigst verwendeten Lampentyp dar.

Aus der Grenzkurve der Abb. 6 ist ferner deutlich zu ersehen, daß ein verhältnismäßig breiter Frequenzbereich besteht, innerhalb welchem Spannungsabfälle von 0,5 bis etwa 1,5% bereits störend wirken. Der Teil des Bereiches mit mehr als einer Schwankung pro Sekunde kann den Nahtschweißmaschinen, den Punktschweißmaschinen mit automatischer Regelung sowie allen pulsierend arbeitenden Schweißmaschinen, d.h. Schweißmaschinen, bei denen die erforderliche Schweißwärme pro Schweißung nicht durch einen Stromstoß, sondern durch mehrere aufeinanderfolgende Impulse zugeführt wird, zugeordnet werden. Der Bereich mit weniger als einer Schwankung pro Sekunde entspricht im allgemeinen den handbetätigten Punktschweißmaschinen sowie den Stumpfschweißmaschinen. Darüber hinaus sind zwar größere Spannungsschwankungen zulässig, doch muß dann auch schon auf die Beeinträchtigung motorischer Antriebe Bedacht genommen werden. Sofern keine synchronisierten Schweißzeitsteuerungen verwendet werden, erfordern auch die Einschaltstromspitzen mit Rücksicht auf die dabei auftretenden Ausgleichsvorgänge entsprechende Beachtung.

Außer den Flimmererscheinungen ergeben sich, wie erwähnt, für den Netzbetrieb Nachteile durch die einphasige Belastung und den hohen Blindlastanteil der Schweißmaschinen. Als Folge der einphasigen Belastung werden alle Spannungen des Drehstromsystems mit Ausnahme einer Verkettung verdreht und verkleinert, wobei der Abfall in der speisenden Verkettung am größten ist.

Es genügt daher nicht immer, die Beleuchtung zwischen Nulleiter und nicht belastetem Außenleiter anzuschließen, da alle drei Phasenspannungen, wenn auch in reduziertem Ausmaß, von den Spannungsschwankungen mitbetroffen werden. So haben z.B. Messungen an einer derart angeschlossenen Anlage ergeben, daß in der am stärksten belasteten Phase ein Spannungsabfall von 4%, in der zweiten Phase von 2% und in der dritten Phase von 1/2% auftrat.

Hinsichtlich des hohen Blindlastanteiles der Widerstandsschweißmaschinen an der gesamten Scheinleistung ist zu beachten, daß dadurch der Längsspannungsabfall wesentlich größer ist als bei einer gleich hohen abschließlichen Wirkbelastung. So geht z.B. bei konstanter Scheinleistung bei Übertragung mit einem Leistungsfaktor von 0,9 statt mit einem Leistungsfaktor von 0,6 der Längsspannungsabfall auf 80% seines Ausgangswertes zurück. Umgekehrt verringert sich bei konstanter Wirkleistung beim Übergang von $\cos \varphi$ 0,6 auf $\cos \varphi$ 0,9 die Scheinleistung auf 71% und der Längsspannungsabfall auf 50% der Ausgangswerte, d. h. also, daß der Längsspannungsabfall wesentlich stärker zurückgeht. Dieser Umstand erscheint vor allem im Hinblick auf die Auswirkung von Kompensations-

einrichtungen von wesentlicher Bedeutung. Die genannten Werte ergeben sich bei einem Verhältnis von Netzreaktanz: Ohmschem Widerstand von 2:1. Ist dieses Verhältnis größer, so wirkt sich eine Blindleistungskompensation noch stärker auf die Verringerung des Längsspannungsabfalles aus.

IV. Erforderliche Maschinendaten und Leistungsschildangaben

Steht das Stromlieferungsunternehmen nun vor der Notwendigkeit, beurteilen zu müssen, ob der Anschluß einer bestimmten Schweißmaschine noch tragbar ist oder ob irgendwelche Netzverstärkungen erforderlich sind, so hat es häufig als Grundlage nur die sogenannte Nennleistung der Maschine zur Verfügung. Dieser Wert genügt jedoch in keiner Weise. Während bei den normalen Licht- und Kraftstromverbrauchern die sogenannte Nennleistung der für die Auslegung der Übertragungsanlagen maßgebenden zu erwartenden Höchstleistung entspricht, handelt es sich bei der Schweißmaschinenennleistung um einen Wert, der im allgemeinen unter Zugrundelegung der thermischen Belastbarkeit des Schweißtrafos die auf eine bestimmte Einschaltdauer pro Minute, meistens sind es 50%, bezogene mögliche Leistungsentnahme angibt.

Die in der Praxis gebräuchlichen Werte für die relative Einschaltdauer liegen jedoch bei Punktschweißmaschinen zwischen 3 bis 20%, bei Nahtschweißmaschinen zwischen 25 bis 50% und bei Stumpfschweißmaschinen zwischen 5 bis 30%, d. h. die tatsächlichen Einschaltdauern sind zum großen Teil wesentlich niedriger.

Dementsprechend können den Maschinen im Verhältnis der Quadratwurzeln dieser tatsächlichen Einschaltdauern zur Quadratwurzel der Nennleistung wesentliche höhere Leistungen entnommen werden, die nach oben hin lediglich durch die größte Sekundärspannung der Maschine begrenzt sind (Abb. 7).

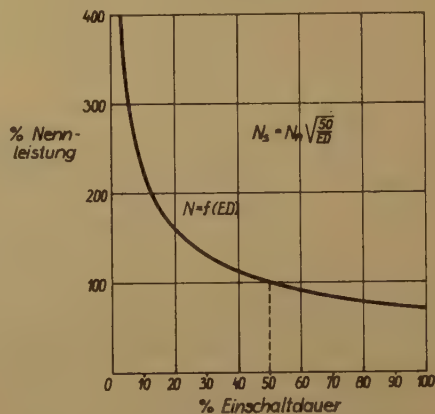


Abb. 7. Leistung und Einschaltdauer

Mit dieser Einschränkung beträgt z.B. bei einer 20%igen ED die entnehmbare Leistung bereits das 1,6fache und bei einer 5%igen ED bereits das 3,2fache der Nennleistung. Damit ist natürlich noch nicht gesagt, daß bei kürzerer ED auch tatsächlich die größere Leistung entnommen wird, da dies vom tatsächlichen Arbeitsprogramm der Maschine abhängt. Den zweiten wesentlichen Faktor für die Beurteilung von störenden Beeinflussungen des Netzes bildet die Arbeitsfrequenz

der Maschine, d.h. die Anzahl Schweißungen pro Sekunde bzw. pro Minute.

Es ist daher unbedingt notwendig, daß das Leistungsschild der Maschine alle erforderlichen Angaben enthält, die ohne umständliche Rückfragen gestatten, die Leistungsfähigkeit der Maschine zu erkennen und einen Vergleich mit anderen Maschinen zu ermöglichen. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß diese Angaben von allen Schweißmaschinenherstellern einheitlich und auf Grund allgemein anerkannter Definition erstellt werden. Dazu sei auf den von der ISO im Jahre 1959 ausgearbeiteten Vorschlag für die Normung der Leistungsschildangaben von Widerstandsschweißmaschinen verwiesen. Danach soll das Leistungsschild jeder Widerstandsschweißmaschine folgende Mindestangaben aufweisen:

1. Erzeugerfirma,
2. Maschinentype,
3. Seriennummer,
4. Nennleistung bei 50% ED in kVA,
5. Höchste Schweißleistung in kVA (80% der größten Kurzschlußleistung),
6. Leistungsfaktor bei der höchsten Schweißleistung,
7. Primärfrequenz in Hz,
8. Primärspannung in V,
9. Maximaler sekundärer Kurzschlußstrom in A,
10. Leerlaufspannung in V von bis in
Regelstellungen.

Diese Angaben sind jedoch noch zu ergänzen durch Angaben über die Arbeitsweise der Maschine, d.h. durch die Anzahl der möglichen Schweißungen pro Sekunde bzw. pro Minute; ferner ist noch festzustellen, ob die Schweißstromsteuerung pulsierend arbeitet und im Hinblick auf Einschaltstromstöße, ob eine synchronisierte Zeitgebersteuerung verwendet wird oder nicht.

Da es durchaus vorkommen kann, daß, bedingt durch die Typengröße, die Maschine durch das tatsächliche Arbeitsprogramm nicht mit den Maximalwerten für Leistung und Schweißfrequenz beansprucht wird, sind in derartigen Fällen vom Abnehmer auch noch diese Angaben zu machen. Selbstverständlich ist die Maschine dann auf die betreffenden Werte zu begrenzen, d.h., daß z.B. die oberste Spannungsstufe des Trafos verriegelt wird.

Als Beispiel dafür, welche Umwege man beim Fehlen entsprechender Leistungsschildangaben beschreiten muß, soll folgender Fall erwähnt werden:

Ein Abnehmer beabsichtigte, für die Fließbandfertigung von Kühlschrankgehäusen eine Reihe von Punktschweißzeugen zu installieren. Es war nun zu untersuchen, ob diese Schweißmaschinengruppe zu Netzstörungen Anlaß geben könnte. Die einzigen Angaben, welche über diese Maschinen zu erhalten waren, bestanden in Leistungswerten, von denen niemand wußte, ob es Höchstleistungen oder Nennleistungen waren. Maximaler Sekundärstrom, Sekundärspannung usw. waren unbekannt. Es war daher nötig, zunächst die für die Verschweißung der Bleche (Blechstärke und Blechart waren ja bekannt) technologisch ungefähr erforderliche Stromstärke und Schweißzeit zu ermitteln. Aus den für jeden Arbeitsvorgang vorgegebenen Taktzeiten und Schweißpunktzahlen konnte dann auf die Einschalt-dauer und auf die Schweißfrequenz geschlossen werden. Offen blieb jedoch die zur Feststellung der

Schweißleistung nötige Sekundärspannung, die lediglich auf Grund von Erfahrungswerten geschätzt werden konnte.

V. Konsequenzen für die Auslegung der Übertragungsanlagen

Die Bedachtnahme auf die vorhin dargelegten versorgungstechnischen Besonderheiten der Widerstandsschweißmaschinen, insbesondere auf das mögliche Lichtflimmern, bewirkt nun hinsichtlich Auslegung der Verteilanlagen wesentliche Unterschiede gegenüber den für den Anschluß der üblichen Licht- und Kraftstromverbraucher maßgebenden Grundsätzen. Bei dem von Widerstandsschweißmaschinen hervorgerufenen Spannungsabfall handelt es sich ja um einen mit großer Änderungsgeschwindigkeit pulsierenden Abfall, der sich dem nur langsam ändernden Spannungsabfall der übrigen Stromverbraucher überlagert und von dem über die gemeinsame Trafosammelschiene das ganze Verteilnetz betroffen werden kann. Ist die Impedanz des überlagerten Mittelspannungsnetzes relativ groß, so können sich die Spannungsschwankungen bei großen Maschinenleistungen über das Mittelspannungsnetz auch in andere Niederspannungsnetze fortpflanzen und damit die Beleuchtungsverhältnisse ausgedehnter Gebiete beeinträchtigen.

Die Notwendigkeit, derartige Rückwirkungen zu vermeiden und damit je nach Arbeitsfrequenz der Maschinen den Spannungsabfall auf etwa 0,5 bis 1,5% zu begrenzen, bedingt naturgemäß eine bedeutende Überdimensionierung der betreffenden Verteileinrichtungen, insbesondere der Trafos. Dabei ist zu berücksichtigen, daß, abgesehen von den Fällen, in denen die Maschinen über eigene Einphasentrafos versorgt werden, die normalen dreiphasigen Netztrafos entsprechend der einphasigen Belastung an sich nur mit 58% ausgenützt werden können. Weiters kommt dazu, daß durch den niedrigen Leistungsfaktor, wie bereits erwähnt, der maßgebende Spannungsabfall relativ höher ist. So entspricht die Spannungsänderung in den Trafos bereits bei $\cos \varphi$ 0,6 praktisch deren Kurzschlußspannung. Damit gelangt man jedoch zu Trafoleistungen bzw. Leitungsquerschnitten, welche die bei gleich hohen dreiphasigen, nicht schwankenden Leistungsbeanspruchungen erforderlichen Werte um ein Mehrfaches übertreffen.

Umgekehrt ergibt sich aus diesen Überlegungen, daß für ein vorhandenes, aus Umspannwerk mit angeschlossenem Mittelspannungsnetz bzw. aus Trafostation mit Niederspannungsnetz bestehendes, nach den üblichen wirtschaftlichen Grundsätzen ausgelegtes Übertragungssystem ein bestimmter Zusammenhang zwischen gesamter Übertragungsfähigkeit dieses Systems und maximal zulässiger Belastung durch Schweißmaschinen gegeben ist. Unterstellt man für ein solches System, daß bei einer mittleren Übertragungsentfernung die Übertragungsfähigkeit des Verteilnetzes der installierten Trafoleistung entspricht, so würde der gesamte, bei Übertragung dieser Leistung auftretende Spannungsabfall sich aus der Spannungsänderung im Trafo von etwa 2 bis 3% und dem normal als zulässig angesehenen Spannungsabfall im Verteilnetz von rund 6% zusammensetzen. Der gesamte Spannungsabfall würde somit etwa 8% betragen, kann jedoch durch die Spannungs-

regelung im überlagerten Netz etwas ausgeglichen werden.

Stellt man nun die Frage, welcher Anteil der Übertragungsfähigkeit für eine von Schweißmaschinen herührende schwankende Belastung maximal verfügbar ist, so hat man den z. B. mit 1 0/0 als zulässig angesehenen schwankenden Spannungsabfall dem vollen vorhin errechneten, sich aus der Kombination Trafo + Netz ergebenden maximalen Spannungsabfall gegenüberzustellen, da eine Ausregelung der betreffenden Spannungsschwankungen ja nicht möglich ist. Aus diesem Verhältnis errechnet sich für die betreffende Netzkonfiguration unter der Berücksichtigung, daß es sich um Einphasenlast handelt, ein zulässiger schwankender Lastanteil von rund 8 bis 10 0/0. Unter Zugrundelegung dieses Prozentsatzes gelangt man bei einer in städtischen Niederspannungsverteilnetzen häufigen Trafoleistung von 200 kVA zu maximal tragbaren Schweißleistungen von rund 15 bis 20 kVA und bei Belieferung ab Mittelspannungsnetz bei einer Kuppeltrafoleistung von z. B. 5 000 kVA zu Leistungen von 400 bis 500 kVA. Diese von örtlichen Gegebenheiten stark abhängigen Werte können selbstverständlich nur die Größenordnung kennzeichnen.

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden: Die zulässige Schweißbelastung eines geschlossenen Verteilnetzes ist im wesentlichen durch die Netzkonstanten bestimmt und praktisch unabhängig von der Vorbelastung, soweit von dieser der für die Schweißlast zur Verfügung stehende Anteil der Übertragungskapazität nicht beansprucht wird; es kann daher vorkommen, daß in einem Netz, welches nur schwach belastet ist, der Anschluß einer Schweißmaschine trotzdem ohne vorherige Anlagenverstärkungen unmöglich ist, weil ihre Leistung den zulässigen Anteil an der Übertragungskapazität überschreitet. Unter diesem Gesichtspunkt erscheint somit der in diesem Fall häufig erhobene Vorwurf, wenn eine Maschine nicht angeschlossen werden kann, daß die Versorgungsunternehmen ihre Netze zu schwach dimensionieren, unrichtig.

Eine derartige Situation soll die folgende Abb. 8 veranschaulichen: Sie stellt schematisch das Verteilnetz einer kleineren Stadt dar, deren 6-kV-Mittelspannungsnetz über zwei Speisepunkte aus dem 35-kV-Netz versorgt wird. Der zweite Speisepunkt soll gleichzeitig als Reserveanspeisung in Störungsfällen dienen. Das Netz wird im übrigen weder im Mittel- noch im Nieder-

spannungsnetz vermascht betrieben. Aus den eingetragenen Belastungswerten ist ersichtlich, daß vor allem die 35/6-kV-Kuppeltrafos, zum Teil auch die Ortsnetztrafos, nur mit Teillast beaufschlagt sind. An den bezeichneten Punkten sollen nun zwei Schweißmaschinen (SM 1 und SM 2) angeschlossen werden, und zwar die Maschine 1 ab Niederspannungsnetz und die Maschine 2 ab 6-kV-Netz. Die Maschinendaten sind aus der Abbildung ersichtlich. Eine Durchrechnung ergibt die daneben ausgewiesenen Spannungsabfälle in den einzelnen Spannungsstufen. Daraus ist ersichtlich, daß beide Maschinen nur versorgt werden können, wenn sie an die nächsthöhere Spannungsstufe angeschlossen werden, obwohl gleich große statische Belastungen ohne weitere Maßnahmen untergebracht werden könnten.

Im übrigen kann, abgesehen von den vorhin genannten maximalen Anschlußleistungen, als Kriterium für die maximal zulässige Schweißleistung, ähnlich wie bei Lichtbogenöfen, auch die Kurzschlußleistung des betreffenden Netzpunktes dienen. Den Ausgangspunkt bilden die Beziehungen für die dreiphasige Kurzschlußleistung N_k und die einphasige Schweißleistung N_s sowie für den einphasigen Spannungsabfall.

Bezeichnungen:

- N_k . . . Netzkurzschlußleistung
- N_s . . . Größte Schweißleistung
- U_N . . . Netzspannung
- p . . . Prozentsatz des zulässigen Spannungsabfalls
- X . . . Netzreaktanz
- R . . . Netzwidestand
- Z_k . . . Kurzschlußimpedanz

Annahmen:

$$X : R = 3 : 1$$

$$\cos \varphi = 0,5$$

$$N_k = \frac{U_n^2}{Z_k}; N_s = J_s \cdot U_N$$

$$p \cdot U_N = 2 J_s (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Bei den getroffenen Annahmen kann $R \cos \varphi$ vernachlässigt werden und es ergibt sich angenähert:

$$p \cdot U_N = 2 \frac{N_s}{U_N} \cdot \frac{U_N^2}{N_k} \cdot \sin \varphi$$

$$p \cdot U_N = 1,7 \frac{N_s}{N_k} \cdot U_N$$

$$N_s : N_k = 0,6 p$$

$$\text{z. B. für } p = 1 0/0 \dots N_s = 0,6 0/0 N_k.$$

Durch entsprechende Umformung erhält man die oben angegebene Beziehung $N_s : N_k = 0,6 p$.

Wendet man diese Beziehung auf das vorherige Beispiel für die Maschine 1 an, so ergibt sich für diese als zulässige maximale Leistungsentnahme bei einer errechneten Kurzschlußleistung an der Niederspannungsschiene von 3,8 MVA ein Wert von 22,8 kVA. Dabei darf aber nicht übersehen werden, daß bei der ganzen Betrachtung der dämpfende Einfluß der Wirkwiderstände vernachlässigt wurde und somit die genannten Werte als obere Grenze angesehen werden müssen.

Vom Standpunkt des Versorgungsunternehmens bessern sich die Verhältnisse, wenn eine eigene Zuleitung ab Trafo errichtet wird, da hier nur mehr der Spannungsabfall an der Trafosammelschiene niedriggehalten werden muß, während auf der Zuleitung ein

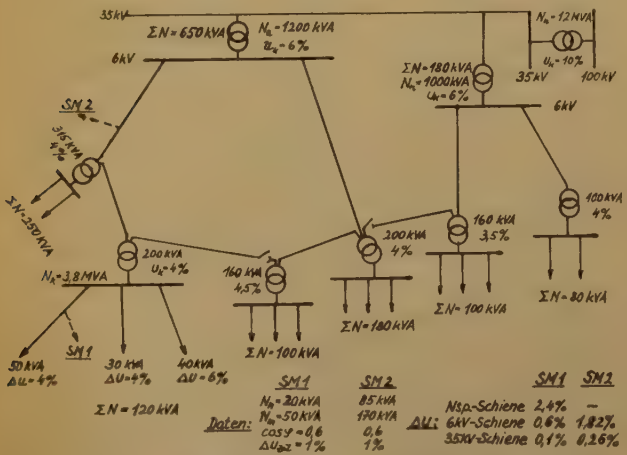


Abb. 8. Netzbelastung durch Widerstandsschweißmaschinen

wesentlich größerer Spannungsabfall zulässig ist. Er wird nur durch die Forderung bestimmt, daß die Schweißleistung und damit die Schweißgüte der Maschine nicht beeinträchtigt wird.

Wenn mehrere Maschinen von demselben Leitungsstrang versorgt werden, ergibt sich eine Reihe zusätzlicher Fragen. Arbeiten die Maschinen voneinander unabhängig, so ist zu erwarten, daß die Frequenz der Spannungsschwankungen zunimmt, wobei durch fallweise Überlagerungen auch größere Abfälle auftreten können. Für das öffentliche Versorgungsnetz kann bei Neuaufrstellung von zusätzlichen Maschinen bei einem Abnehmer der Fall eintreten, daß zwar nicht durch den Leistungszuwachs an sich, wohl aber durch die erwähnte Erhöhung der resultierenden Frequenz eine Anlagenverstärkung erforderlich wird.

Die Vorausberechnung derartiger Auswirkungen setzt selbstverständlich wieder exakte Angaben des Abnehmers über die Arbeitsweise der Maschinen voraus. Dabei hat man grundsätzlich wieder zu unterscheiden zwischen der Auswirkung der gesamten Maschinengruppe auf das öffentliche Netz — meistens wird in solchen Fällen der betreffende Abnehmer ohnedies über eine eigene Station beliefert werden — und den mit Rücksicht auf die Schweißgüte zulässigen Spannungsabfällen in den Verteilanlagen des Abnehmers. Nach amerikanischen Erfahrungswerten (Abb. 9) ergeben sich für das Netz bei relativ kleinen Maschinenanzahlen (etwa zwei bis acht) zulässige Spannungsabfälle pro Maschine von 0,2% bis 0,3% bei etwa 60 Schweißungen pro Minute und Spannungsabfälle von 0,5% bis 1% pro Maschine bei etwa 6 Schweißungen pro Minute. Die höheren Spannungsabfälle gelten jeweils für die kleinere Maschinenanzahl. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Maschinen gleichartig sind.

Weisen die Maschinen stark verschiedene Schweißleistungen auf, dann wird die Abschätzung schon wesentlich schwieriger und man kann hier nur als Richtlinie angeben, daß das Lichtflimmern im wesentlichen durch die Maschine mit der größten Leistungsentnahme bestimmt wird. Bei großen Maschinenanzahlen bzw. bei größeren Einschaltzeiten nehmen die Lichtstörungen nicht im gleichen Verhältnis zu, da sich eine gewisse Dauerlast herausbildet. Mit zunehmender Größe der Schweißfrequenzen der einzelnen Maschinen werden jedoch Überlagerungen der einzelnen Schweißspitzen häufiger. In solchen Fällen ist es am zweckmäßigsten, die Anlagendimensionierung auf die Annahme abzustellen, daß die drei oder vier größten Maschinen genau gleichzeitig mit der für das Lichtflimmern ungünstigsten Frequenz arbeiten.

Sofern das Werksverteilnetz des Abnehmers einen eigenen Abzweig für die Schweißmaschinen besitzt, ist für den Abnehmer nur der resultierende Spannungsabfall allein wichtig, der sich an den Klemmen der einzelnen Maschinen ergibt. Dieser Abfall setzt sich zusammen aus dem Eigenspannungsabfall der Maschine, dem Spannungsabfall, welcher durch die anderen Schweißmaschinen hervorgerufen wird, dem Spannungsabfall durch allfällige motorische Belastung und schließlich dem Spannungsabfall im Netz des EVU. Nach praktischen Erfahrungen soll zur Erzielung einer entsprechenden Schweißgüte die Summe der Fremdspannungsabfälle 10% beim Schweißen von Stahl und 5% beim Schweißen von Aluminium nicht übersteigen, wo-

bei in erster Linie der Einfluß der anderen Schweißmaschinen wesentlich ist. Haben die Maschinen annähernd gleiche Einschaltzeiten von nicht mehr als 10%, so ergibt sich der resultierende Spannungsabfall aus der Summe der Quadrate der Einzelspannungs-

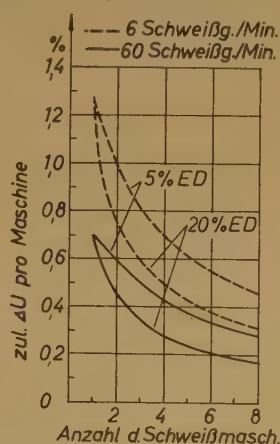


Abb. 9. Lichtflimmern: zulässige Spannungsabfälle bei mehreren Schweißmaschinen

abfälle dividiert durch die Summe der Einzelspannungsabfälle. Für den Fall, daß die Maschinen etwa gleiche Leistungen haben, ergibt sich der zulässige Spannungsabfall je Maschine aus Abb. 10.

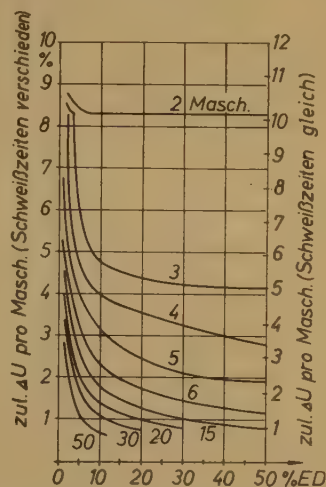


Abb. 10. Zulässige Spannungsabfälle bei mehreren Schweißmaschinen im Hinblick auf die Schweißgüte beim Schweißen von Stahl

Sind die Schweißmaschinen verschieden groß und haben verschiedene Einschaltzeiten, dann kann auch dafür eine entsprechende, allerdings wesentlich kompliziertere Beziehung entwickelt werden, welche auch die einzelnen Einschaltzeiten enthält.

VI. Elektrizitätswirtschaftliche Konsequenzen, Messung und Tarifierung

Für die Versorgungsunternehmen ergeben sich aus den dargelegten Verhältnissen nun folgende wirtschaftliche Konsequenzen:

Die Elektrizitätsversorgung weist bekanntlich eine außerordentlich kapitalintensive Kostenstruktur auf. Während z. B. in durchschnittlichen industriellen Fertigungsbetrieben das Verhältnis zwischen jährlichem

Umsatz zu gesamtem Anlagekapital bei 1,5 bis 2 liegt, wird in der Elektrizitätswirtschaft das Anlagekapital erst in etwa 4 bis 5 Jahren einmal umgesetzt; dies bedeutet, daß die Kapitalumschlagshäufigkeit im normalen Industriebetrieb etwa 6- bis 10mal so groß ist. Daraus ergibt sich aber, daß die kapitalabhängigen Kosten, kurz als feste Jahreskosten bezeichnet, in der Elektrizitätswirtschaft eine beherrschende Rolle spielen. Da eine Senkung dieser festen Kosten je erzeugter bzw. transportierter kWh allgemein nur durch entsprechend hohe Ausnützung der Erzeugungs- und Übertragungsanlagen erreicht werden kann, ist eine hohe Benutzungsdauer der den Abnehmern bereitgestellten Leistung von entscheidender wirtschaftlicher Bedeutung.

Untersucht man die Stromlieferung an Widerstandsschweißmaschinen in dieser Hinsicht, so muß zunächst geklärt werden, welcher Leistungswert überhaupt solchen Betrachtungen zugrunde gelegt werden soll und wie er erfaßt werden kann. Im allgemeinen ist es bei derartigen Untersuchungen üblich, als Maß für die Leistungsanspruchnahme durch den Abnehmer die $\frac{1}{4}$ stündige Höchstleistung, welche dem Mittelwert des $\frac{1}{4}$ -Stunden-Integrals der bezogenen Wirkarbeit des betreffenden Abnehmers entspricht, zu verwenden. Diese Größe stellt bei den üblichen Stromverbrauchseinrichtungen einen für die Auslegung und die Auslastung der Übertragungsanlagen eindeutig maßgebenden Wert dar. Bei den Schweißmaschinen kann dieser Wert jedoch nur für die Leistungsanspruchnahme in jenen Versorgungstufen maßgebend sein, in welchen die versorgungstechnischen Nachteile der Schweißmaschinen durch die von vornherein gegebene Leistungsfähigkeit dieser Stufen nicht berücksichtigt werden brauchen.

Legt man die für die Kostenrechnung übliche Unterteilung nach Erzeugung, Hochspannungsnetz, Mittelspannungsnetz und Niederspannungsnetz mit den jeweils dazugehörigen Umspanneinrichtungen zugrunde, so kann die obige Voraussetzung für die Stufen Erzeugung und Hochspannungsnetz als erfüllt gelten. Dagegen besitzt für die Beanspruchung des Mittel- und Niederspannungsnetzes die $\frac{1}{4}$ -Stundenleistung keine Aussagekraft. Durch die kurzen Schweißzeiten, welche, wie erwähnt, oft nur Bruchteile von Sekunden betragen, und unter dem Einfluß der unvermeidlichen Nebenzeiten erbringt das $\frac{1}{4}$ -Stundenintegral Werte, die, von der tatsächlichen Schweißleistung ganz abgesehen,

weit unter der Nennleistung der Schweißmaschine liegen. Dabei ist noch in Betracht zu ziehen, daß bei der Wirkleistungsmessung dem gerade bei Schweißmaschinen so wesentlichen Blindlastanteil, welcher mindestens gleich bis doppelt so hoch wie der Wirklastanteil ist, nicht Rechnung getragen wird.

Diese ungünstigen meßtechnischen Verhältnisse sollen am folgenden Beispiel einer großen Stumpfschweißanlage aufgezeigt werden. Ihre größte Schweißleistung beträgt 680 kVA bei einem Leistungsfaktor von 0,3. Es werden 8 Schweißungen pro Stunde vorgenommen, wobei die Arbeitsspieldauer jeder Schweißung 55 Sekunden beträgt, bei 12 Impulsen mit jeweils 1,5 Sekunden Pause dazwischen. Das gemessene $\frac{1}{4}$ -Stundenmaximum betrug 47,3 kW (Abb. 11). Versuchsweise wurden nun gleichzeitig Messungen mit Maximumschreibern mit verkürzter Registrierperiode, und zwar mit einem Fünfminutenschreiber und einem Einminutenschreiber durchgeführt. Das Fünfminutenmaximum erbrachte bereits einen Wert von 75 kW und das Einminutenmaximum 157 kW. Bei einem Leistungsfaktor von 0,3 errechnet sich daraus eine Scheinleistung von 522 kVA, welche der maximalen Scheinleistung einigermaßen nahekommmt. Das $\frac{1}{4}$ stündige Wirkleistungsmaximum betrug somit nur 7% der maximalen Scheinleistung. Zieht man einerseits in Betracht, daß die gegenständliche Maschine schwach ausgenützt war und andererseits gerade Stumpfschweißanlagen relativ hohe Einschalt Dauern aufweisen, so kann man aus diesen Ergebnissen schließen, daß im Durchschnitt das $\frac{1}{4}$ stündige Maximum höchstens etwa 5 bis 10% der tatsächlichen in Anspruch genommenen Scheinleistung entspricht. Damit ist aber klar, daß diese Art der Leistungsermittlung tarifarisch unbrauchbar ist.

Hält man sich nun vor Augen, daß, wie früher dargelegt, für die Bemessung der Mittel- und Niederspannungsnetze, auf welche etwa 40% der gesamten festen Kosten entfallen, die maximale Schweißleistung maßgebend ist bzw. daß mit den gleichen Übertragungseinrichtungen ohne irgendwelche Änderungen bei gleichem Spannungsabfall eine $\frac{1}{4}$ stündige statische und symmetrische Scheinleistung in Höhe der $\sqrt{3}$ fachen maximalen Schweißleistung übertragen werden könnte, so erscheint es richtig, für alle die Ausnutzung dieser Anlagen betreffenden Überlegungen die maximale Schweißleistung zugrunde zu legen.

Die unter diesem Gesichtspunkt errechnete Benutzungsdauer ergibt Werte, die zwischen 50 bis günstigstenfalls 300 Stunden pro Jahr liegen, gegenüber einer Benutzungsdauer von 600 bis 1 000 Stunden von mäßig ausgenutzten Kraftstromverbrauchern bzw. von 2 000 bis 3 000 Stunden bei mittleren Industriebetrieben; d. h. also, die Benutzungsdauer bei normalen Stromverbrauchern liegt etwa 8- bis 10mal so hoch.

Soll nun die Stromlieferung an Widerstandsschweißmaschinen auf kostendeckender Grundlage erfolgen, so lassen sich dafür aus den bisherigen Überlegungen folgende Grundsätze ableiten:

1. Für die Bemessung jener Anteile des Grund- bzw. Leistungspreises, welche dem Niederspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz zuzuordnen sind, ist die maximale von der Maschine aufgenommene Scheinleistung anzusetzen. Eine Ermittlung auf der Basis einer errechneten oder mit den üblichen Methoden gemessenen Wirkleistung ist einerseits wegen des niedrigen Lei-

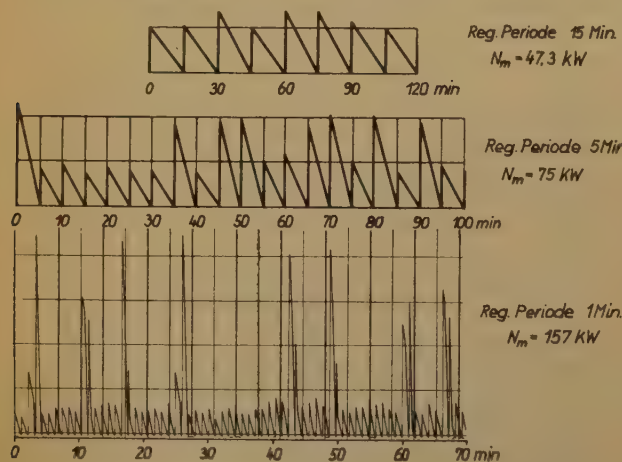


Abb. 11. Leistungsmessung bei einer Schienenschweißanlage

stungsfaktors und andererseits wegen der unzureichenden Mittelwertbildung auch bei verkürzter Registrierperiode unzureichend.

2. Berücksichtigung der schlechteren Ausnutzung der Übertragungsanlagen durch einphasige Belastung in Form eines entsprechenden Zuschlages auf den Grundpreis.

3. Da bei den Ansätzen der üblichen Leistungspreis- bzw. Grundpreistarife aus Gründen der absatzfördernden Wirkung nicht den tatsächlichen Gesteuerungskosten gefolgt wird, sondern ein Teil der festen Kosten, welche dem Grundpreis zuzuordnen wären, auf den Arbeitspreis umgelegt wird, kann bei niedrigen Benutzungsdauern, abgesehen von den anderen Umständen, sich keine Kostendeckung ergeben. Es ist daher auch diesbezüglich eine Ergänzung nötig.

4. Sind bei einem Abnehmer mehrere Schweißmaschinen installiert, so muß bei Ermittlung der maßgebenden Summenleistung der Gleichzeitigkeit durch entsprechende Abminderungsfaktoren Rechnung getragen werden; ferner kann, sofern die Maschinen gleichmäßig auf die einzelnen Phasen aufgeteilt sind, auf den Zuschlag für die einphasige Belastung verzichtet werden.

An sich wird den erwähnten tarifarischen Grundsätzen beim geltenden Gewerbe-Kraftstromtarif für kleinere Anlagen hinsichtlich Pkt. 1. und Pkt. 4. bereits entsprochen, da er auf der Kurzschlußleistung basiert; die derzeitigen Industriesondertarife gehen jedoch daran schon im Hinblick auf die unzureichende Messung völlig vorbei.

Wie wesentlich die Beachtung dieser Grundsätze ist, zeigt das Ergebnis einer Vergleichsrechnung zwischen einer großen Schweißanlage und einem angenommenen, aus den gleichen Übertragungsanlagen bei gleichem Spannungsabfall versorgten Industriebetrieb mit einer Benutzungsdauer von 2 000 Stunden. Danach ergibt sich, daß die Jahresbruttostromeinnahmen von der Schweißanlage nur 12% des Vergleichsbetriebes erreichen.

Im übrigen bilden die vorstehenden Grundsätze auch im Ausland Gegenstand ernsthafter Überlegungen bzw. wurden bereits entsprechende Konsequenzen daraus gezogen, wie dies am Beispiel der Tarifierung von Widerstandsschweißmaschinen, wie sie bei zwei amerikanischen Versorgungsunternehmen üblich ist, gezeigt werden kann:

EVU A) Abgabe ab Niederspannungsnetz

Bei Anschluß von mehreren Schweißmaschinen in einem Betrieb wird die anteilige Verrechnungsleistung, basierend auf der Summenkurzschlußleistung der einzelnen Maschinen, durch Multiplikation mit folgenden Abminderungsfaktoren ermittelt:

- 50% für 2 Maschinen,
- 40% für 3 Maschinen,
- 30% für 4 bis 5 Maschinen,
- 20% für 6 oder mehr Maschinen.

Diese so ermittelte Leistung wird zu der üblich ermittelten motorischen Belastung hinzugezählt.

Wenn die Schweißlast 50% der gesamten angeschlossenen Belastung des Betriebes an Motoren und Schweißmaschinen übersteigt, behält sich das EVU besondere Regelungen im Hinblick auf zusätzliche Verrechnung vor.

EVU B) Tarif für Hochspannungsabnehmer

Beim Anschluß von Widerstandsschweißmaschinen hat der Abnehmer die gesamten Kosten der Hochspannungsausrüstung zu tragen. Er bezahlt ferner jährlich 72 S je kW der erforderlichen Trafoleistung, welche als Verrechnungsleistung gilt, und für die Wirkarbeit einen Arbeitspreis nach folgendem Staffeltarif:

- 150 g/kWh für die ersten 150 kWh,
- 90 g/kWh für die nächsten 2 350 kWh,
- 62 g/kWh für die nächsten 9 500 kWh,
- 50 g/kWh für alle weiteren kWh.

VII. Maßnahmen zur Erzielung einer wirtschaftlichen Versorgung

Aus all dem ergibt sich, daß die Widerstandsschweißmaschine ein äußerst leistungsintensiver Verbraucher ist, dessen Versorgung in den seltensten Fällen wirtschaftlich ist. Die naheliegende Schlussfolgerung, durch entsprechende tarifarische Regelungen dieses Problem, wie dies an den beiden erwähnten Beispielen gezeigt wurde, zu lösen, bedeutet wohl eine für die Versorgungsunternehmen zweckmäßige Regelung, hingegen nicht im gesamtwirtschaftlichen Sinne, es sei denn, daß man eine derartige Tarifierung als verstärkten Anreiz dafür betrachtet, die Wirtschaftlichkeit der Stromabnahme durch entsprechende Zusatzeinrichtungen zu verbessern, welche die Schweißlast verringern, symmetrieren und allenfalls stoßfrei gestalten. Dazu stehen grundsätzlich folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- a) zur Reduktion der einphasigen Scheinleistung Serien- oder Parallelkondensatoren;
- b) zur Reduktion der einphasigen Scheinleistung mit gleichzeitiger Symmetrierung der Höhe der Belastungsstöße
röhrengesteuerte Frequenzwandler,
Trockengleichrichter,
Motorgeneratoren;
- c) zur Reduktion der einphasigen Scheinleistung, Symmetrierung und Beseitigung der stoßweisen Belastung
Motorgeneratoren mit besonderer Schnellreglersteuerung,
elektrostatische, elektromagnetische und Batteriespeicherung.

Der Effekt dieser Einrichtungen, mit deren Wirkungsweise sich eine gesonderte Arbeit eingehender beschäftigen wird, stellt sich im Hinblick auf die dem Netz entnommene Scheinleistung bzw. auf den Spannungsabfall folgendermaßen dar:

Durch die einfache Kompensation von durchschnittlich $\cos \varphi = 0,5$ auf $\cos \varphi = 0,85$ wird die Scheinleistung auf die Hälfte und der Spannungsabfall auf 38% des unkompensierten Wertes reduziert. Dabei ist ein Verhältnis von Blind- zu Wirkwiderstand im Netz von 3:1 vorausgesetzt.

Bei Kompensation mit dabei verbundener Symmetrierung geht infolge Aufteilung der Leistung auf drei Phasen der Strom pro Phase weiter auf das $\sqrt{0,58}$ -fache, d.h. auf 29% und der Spannungsabfall auf 22% der Ausgangswerte zurück. Bei Kompensation, Symmetrierung und Belastungsausgleich verringert sich die entnommene Leistung z.B. bei einer Einschalt-

dauer der Maschinen von 20% auf etwa 10% und der Spannungsabfall sogar auf 7% der Ausgangswerte. Vom Standpunkt des Spannungsabfalles aus gesehen erbringt somit die einfache Kompensation spezifisch die größte Wirkung.

Bedauerlicherweise ist der Kondensator im allgemeinen mehr für die Kompensation von statischen Blindleistungen geeignet; seinem Einsatz bei Widerstandsschweißmaschinen stehen verschiedene Schwierigkeiten entgegen. Grundsätzlich kann Parallel- oder Seriendkompensation verwendet werden. Dabei ist zu beachten, daß bei Parallelkompensation die benötigte Blindleistung effektiv am Ort der Schweißmaschine erzeugt und damit das Netz vom Blindleistungstransport entlastet wird, während bei der Seriendkompensation die volle Scheinleistung transportiert werden muß und der induktive Spannungsabfall hinter dem Einbauort des Kondensators kompensiert wird. Der Parallelkondensator besitzt jedoch den Nachteil, daß er sinngemäß nicht dauernd eingeschaltet bleiben kann, sondern synchron mit der Schweißmaschine zu- und abgeschaltet werden muß, was teure Schalteinrichtungen erfordert. Da der Blindleistungsbedarf der Maschine je nach Ausladung und Einstellung der Sekundärspannung variiert, müßte der Kondensator ferner eine gleichartige Regelmöglichkeit besitzen. Demgegenüber hat der Seriendkondensator den Vorteil, daß er ohne Schalthandlungen die jeweils gerade benötigte kapazitive Zusatzspannung erzeugt, aber, wie erwähnt, nur die Spannung hinter seinem Einbauort, in Richtung Abnehmer gesehen, anhebt. So kann z.B. der Spannungsabfall an der Trafosammelschiene des betreffenden Netzes nicht verbessert werden, es sei denn, daß der Kondensator in der Trafostation zwischen Trafo und Sammelschiene eingebaut wird. Dies erfordert jedoch, daß der Kondensator für die gesamte Trafodurchgangsleistung ausgelegt wird und beeinträchtigt damit seine Wirtschaftlichkeit. Jedenfalls ist bei Aufstellung von Seriendkondensatoren die richtige Wahl des Einbauortes entscheidend, wie aus Abb. 12 hervorgeht.

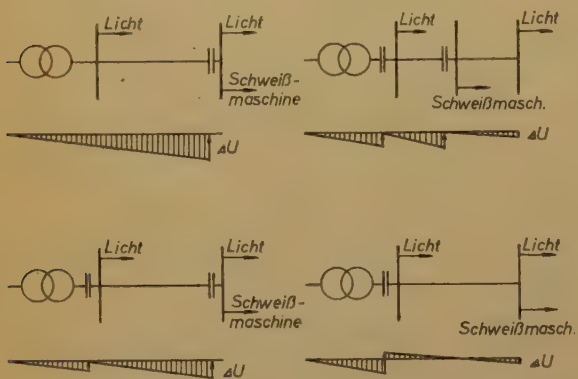


Abb. 12. Einbaumöglichkeiten von Seriendkondensatoren

Ist z.B. die Sammelschiene genügend leistungsfähig und werden Schweiß- und Lichtabnehmer am Ende einer gesonderten Leitung angeschlossen, so reicht eine Kondensatorbatterie am Leitungsende aus. Bei größerer Trafoimpedanz muß jedoch schon vor der Sammelschiene kompensiert werden. Wird die gleiche Leitung mehrmals zur Versorgung herangezogen, so muß ebenfalls mehrfach kompensiert werden. Nur wenn die Zuleitung zur Maschine kurz bemessen ist, genügt eine

Kondensatorbatterie, wenn man eine geringe Überkompensation in Kauf nimmt.

Aus dem aufgezeigten beachtlichen Effekt von Zusatzseinrichtungen zur Reduzierung der Schweißlast ergibt sich die Forderung nach verstärktem Einsatz solcher Geräte u.zw. nicht nur im Hinblick auf elektrizitätswirtschaftliche Notwendigkeiten, sondern im Interesse der Anschlußmöglichkeiten überhaupt. Da die Entwicklung in Richtung immer größerer Schweißleistungen bei immer kürzeren Einschalt Dauern geht, muß der Anschluß neuer Maschinen auf immer größere Schwierigkeiten stoßen. Daraus resultiert in den meisten Fällen für die Abnehmer die Notwendigkeit, zusätzlich zum Leistungspreis bzw. Grundpreis erhebliche Baukostenbeiträge zu neuen Anschlußanlagen zu entrichten oder überhaupt auf den Anschluß der Maschinen zu verzichten. Man sieht daraus, daß die Gesamtheit der aufgezeigten Fragen ein eng verzahntes wirtschaftliches Problem darstellt, welches nur in Zusammenarbeit aller Beteiligten unter Bedachtnahme auf alle maßgebenden Faktoren gelöst werden kann.

Ein Betrieb, der die Aufstellung einer Schweißmaschine für einen neuen Herstellungsprozeß beabsichtigt, sieht sich damit etwa folgender Fragestellung gegenüber:

1. Welche wirtschaftlichen Vorteile lassen sich durch die Einführung des Schweißprozesses in der Fertigung erzielen?
2. Welche Kosten ergeben sich durch die Aufstellung der Schweißmaschine innerhalb der Stromverteilungsanlagen des Betriebes?
3. Welche Kosten erwachsen dem Benützer aus der Notwendigkeit, Einrichtungen zu schaffen, welche den Leistungsbedarf der Schweißmaschine begrenzen bzw. herabsetzen?
4. Wie groß sind die Aufwendungen für den Anschluß an das Netz des EVU?
5. Wie hoch sind die Stromkosten, welche durch die Schweißmaschine und allfällige dazugehörige Einrichtungen, die der neue Herstellungsprozeß erfordert, entstehen?

Die Überlegungen zu Pkt. 1. stellen praktisch die obere Grenze für die gesamte Kostenkombination, welche sich aus den Aufwendungen nach Pkt. 2. bis Pkt. 5. ergibt, dar. Diese können wiederum als Funktion der maximalen Schweißleistung angesehen werden. Einer Verringerung dieser Leistung mit der dadurch bedingten Ersparnis an internen und äußeren Anschlußkosten sowie an Grund- bzw. Leistungspreis stehen die Kosten für die entsprechenden Zusatzseinrichtungen gegenüber. Versucht man, deren Wirtschaftlichkeitsbereich abzugrenzen, so ist folgendes zu sagen:

Nach heutigem Preisstand betragen die Anlagekosten im Mittel für die einzelnen Versorgungsstufen je kVA installierter Leistung in städtischen Netzen:

	S/kVA
Hochspannungsnetz	etwa 400,—
Mittelspannungsnetz einschl. Umspannung	etwa 2 200,—
Niederspannungsnetz mit Trafostationen	etwa 2 600,—

Die genannten Werte zeigen einerseits, welche erheblichen Aufwendungen der laufende Anlagen ausbau erfordert, und andererseits, welche Bedeutung eingesparte Leistungen besitzen. Zwar wird der Abnehmer

im allgemeinen nur einen Teil zu den gegenständlichen Aufwendungen als Baukostenbeitrag leisten, doch bleibt die Tatsache der erwähnten Aufwendungen und die Verpflichtung, die damit erstellten Anlagen im gesamtwirtschaftlichen Interesse einer guten Ausnutzung zuzuführen, bestehen. An sich zeigt sich zwar, daß auch die spezifischen Kosten von Zusatzeinrichtungen vor allem bei kleinen Maschinen verhältnismäßig hoch liegen und somit vom Standpunkt des Abnehmers aus gegenüber den zu bezahlenden Baukostenbeiträgen keine besonderen Ersparnisse versprechen. Das Bild ändert sich jedoch wesentlich, wenn auch bei den laufenden Stromkosten wesentliche Einsparungen durch Verringerung des Grundpreises erzielt werden können, was z. B. beim Gewerbetarif bereits der Fall ist. Dadurch würde sich zweifellos ein großer Anreiz für die Maschinenhersteller ergeben, von vornherein dem Abnehmer entsprechende Maßnahmen zur Beschränkung der Schweißlast vorzuschlagen bzw. entsprechende Geräte in verstärktem Ausmaß zu entwickeln. Voraussetzung dafür ist aber eben die Schaffung entsprechender Tarife und einheitlicher Anschlußbedingungen, die jedem Erzeuger gleiche Startbedingungen gewährleisten. In

diesem Sinne ist der VEÖ derzeit in Zusammenarbeit mit den Erzeugerfirmen mit der Ausarbeitung von Anschlußbedingungen für Widerstandsschweißmaschinen beschäftigt, die nach Möglichkeit den obigen Grundsätzen Rechnung tragen sollen.

Literatur

- 1) Electricity Supply for Resistance Welding Machines; Techn. Ber. der British Electrical and Allied Industries Research Association, London, Savoy Street 15, 1945.
- 2) Power Supply for Resistance Welding Machines; Veröffentlichung des American Institute of Electrical Engineers, New York, April 1952.
- 3) P. AILLERET: Détermination des lois expérimentales du papillotement (flicker) en vue de leur application aux réseaux basse tension. Bulletin de la Société française des Électriciens, Paris, Mai 1957.
- 4) W. BRUNST: Das elektrische Widerstandsschweißen. Berlin: Springer-Verlag. 1952.
- 5) K. SCHULZ: Erfahrungen der deutschen EVU über die Netzbeeinflussung durch Lichtbogenöfen. Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt a/M, 55. Jahrg., Heft 9.
- 6) H. HENKES: Reihenkomensation von Lichtbogenöfen. Elektrizitätswirtschaft, Frankfurt a/M, 55. Jahrg., Heft 9.

Grundlagen und Geräte für den Lastausgleich bei Widerstands-Schweißmaschinen*)

Von Dr. Ing. HANS ULRICH NEIDHART, Zürich

Mit 18 Textabbildungen

1. Grundsätzliches

1.1. Speichergeräte

In der Arbeit „Stromversorgung von Widerstandsschweißmaschinen“ wurde bereits erwähnt, daß man mit einer Speicherwirkung arbeiten kann. Diese hat den Sinn, die Energie, welche für die Schweißung nur kurzzeitig gebraucht wird, über einen längeren Zeitabschnitt mit geringeren Leistungen zu sammeln. Die Speicherung wird entweder in einem Kondensator oder in einer Spule vorgenommen.

1.1.1. Kondensatorspeicheranlage

In der Abb. 1 ist links oben das Prinzip einer Gleichrichteranlage wiedergegeben, die drei- oder einphasig sein kann. Oben rechts ist zur Schweißmaschine ein Kondensator parallel geschaltet. Die Anlage wird über den Schalter (S_1) eingeschaltet, wobei der Kondensatorladestrom durch den Ladewiderstand R_L begrenzt wird. Nach vollzogener Aufladung wird der Schalter S_1 ab- und der Schalter S_2 eingeschaltet, wodurch die Entladung über die Schweißmaschine einsetzt.

Es gibt für den Entladungsablauf drei verschiedene Möglichkeiten: Eine aperiodische Entladung, bei welcher

$R = R_c$, wobei $R_c = 2 \sqrt{\frac{L}{C}}$ ist, eine periodische Entladung, wobei $R < R_c$ ist,

und eine stark gedämpfte Entladung, bei welcher $R > R_c$ ist. Die angenehmste Entladungsform für die Schweißung ist $R = R_c$, weil sie der Forderung, den Strom am Anfang nicht zu schnell anwachsen zu lassen, damit das Material unter den Elektroden nicht wegspritzt, am besten entspricht und eine gleichförmige Entladung mit geringen Verlusten gibt. Die vom Kondensator aufgenommene Energie beträgt

$$W = \frac{C U^2}{2}.$$

Wird beispielsweise eine Spannung von 500 Volt und eine Kapazität von 30 000 μF gewählt, so ergibt

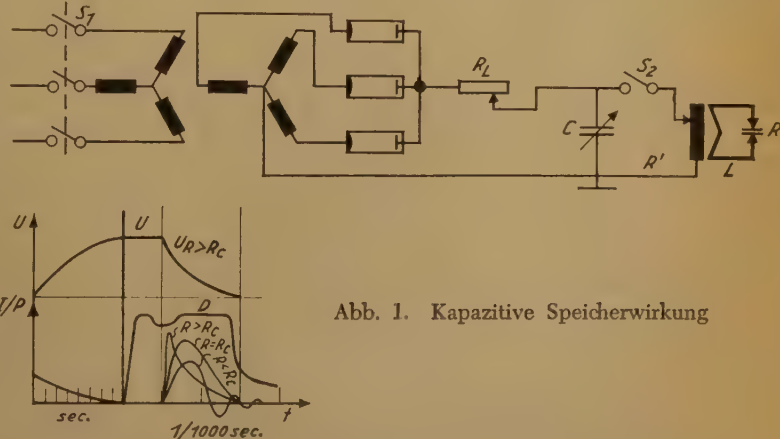


Abb. 1. Kapazitive Speicherwirkung

sich eine Aufladeenergie von $3,75 \cdot 10^3$ VA sec. Bei einer Aufladezeit von $1/10$ sec ergibt dies eine mittlere Leistungsaufnahme von 37,5 kVA, bei einer Entladung in $1/100$ sec aber eine mittlere Abgabe von 375 kVA.

*) Vortrag, gehalten im Rahmen der Vortragsreihe „Widerstandsschweißen“ am 20. November 1959 im Außeninstitut der Technischen Hochschule in Wien und am 12. Februar 1960 an der Montanistischen Hochschule in Leoben.

Der Entladestrom, d.h. der Schweißstrom, hat einen exponentiellen Verlauf nach der Gleichung

$$i = -\frac{U}{R_L} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right),$$

wobei T die Zeitkonstante $R_L \cdot C$ bedeutet.

1.1.2. Spulenspeicheranlage

Die in Abb. 2 dargestellte zweite Speicherart sieht schaltungsmäßig ähnlich aus. Hier wird der Transformator gleichzeitig zur Speicherspule, welche einen größeren einstellbaren Luftspalt zur Energiespeicherung und nur eine sekundäre Windung zur Stromumsetzung hat.

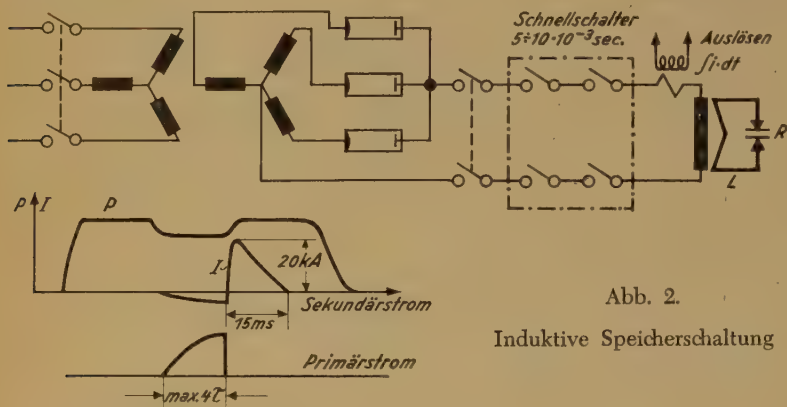


Abb. 2.

Induktive Speicherschaltung

Man lädt mit einer Gleichrichtung, im Bilde links, über den Schnellschalter, im Bilde rechts, auf. Die in diesem Falle magnetische Aufladung wird in Abhängigkeit vom $\int i dt$ durch Auslösung des Schnell Schalters beendet. Die Öffnung des Schnell Schalters soll in ungefähr 5 ms den Lichtbogen unterbrechen, welchen die Spule durch den in ihr fließenden hohen Gleichstrom nach dem Gesetz

$$U_{\phi} = L \frac{di}{dt}$$

erzeugt.

Auf diese Weise wird erreicht, daß möglichst wenig Energie im Lichtbogen vernichtet wird.

Die zu irgend einem Zeitpunkt in der Spule aufgespeicherte Energie beträgt

$$W = \frac{1}{2} L \cdot i^2,$$

Der Ladestrom verläuft nach der Exponentialfunktion

$$i_L = i \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right),$$

während der Entladungsvorgang die Funktion

$$i_E = i_0 \cdot e^{-\frac{R}{L} t}$$

hat.

Beide Speicherverfahren haben den Vorteil, daß jede Schweißung mit genau gleicher Energiemenge ausgeführt wird.

1.2. Statischer Ausgleich

Der Lastausgleich kann auch unter Zwischenschaltung einer umformenden Schaltgruppe für normale,

mit Wechselfspannung gespeiste Maschinen vorgenommen werden, wobei die umformende Schaltgruppe die Aufgabe hat, erstens den Anschluß an das Dreiphasen-netz zur Lastverteilung auf alle drei Phasen zu geben, und zweitens gleichzeitig zur Erniedrigung der anfallenden Schweißleistung beizutragen. Immerhin verzichtet man bei diesen Ausführungen auf die zeitliche Verteilung der kurzfristig anfallenden Schweißleistung auf die dazwischen liegende Pause. Hierher gehören:

1.2.1. Scottsche Schaltung

Früher wurde die Scottsche Schaltung gelegentlich, sei es als echte oder als Sparschaltung, verwendet. In beiden Fällen bietet sie keinen Vorteil, denn die drei Phasen werden ungleichmäßig belastet.

1.2.2. Vollständiger Phasenausgleich

Erwünscht ist eine vollständig gleichmäßige Verteilung auf alle drei Phasen, unter gleichzeitiger, möglichst weitgehender Blindlastkompensation.

Eine entsprechende Kunstschaltung zeigt Abb. 3. Zwischen R und S ist der Schweißtransformator, zwischen S und T eine Spule mit der Selbstinduktion L und zwischen R und einer Anzapfung der Spule ein Kondensator

mit der Kapazität C eingeschaltet. Die dem Netz entnommenen Ströme werden dabei bedeutend herabgesetzt.

Der Preis für diese Einrichtung ist allerdings beträchtlich, und eine Vergleichskalkulation ergibt, daß es billiger ist, und zudem technische Vorteile bietet, Frequenzwandlergeräte zum Lastausgleich zu verwenden.

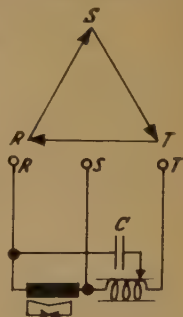


Abb. 3. Kunstschaltung für dreiphasigen Anschluß

1.3. Lastausgleich durch Frequenzwandlung

Durch die Frequenzherabsetzung auf der Ausgangsseite wird eine Minderung des durch die Schweißmaschinenöffnung auf der Schweißtrafosekundärseite gebildeten induktiven Widerstandes ωL (Abb. 4) erreicht, wodurch der aus Wirkwiderstand R und Blindwiderstand ωL gebildete Scheinwiderstand entsprechend ab-

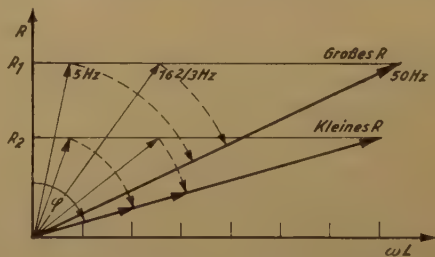


Abb. 4. Frequenzwahl, Impedanz, Wirkwiderstand

sinkt. Das bedeutet bei gegebenem Schweißstrom eine Verkleinerung der notwendigen Scheinleistung auf der Ausgangsseite der umformenden Schaltgruppe und da-

mit eine Verbesserung des $\cos \varphi$. Gleichzeitig erfolgt eine gleichmäßige Verteilung der auf diese Weise verringerten Scheinleistung auf die drei Phasen des speisenden Netzes. Wie weit die Frequenz herabgesenkt werden soll, hängt vor allem von R ab. Bei großem R liegt die Grenze etwa bei 13,6 Hz, bei kleinem R hingegen ist eine weitergehende Frequenzminderung noch wirksam, wie sich dies aus dem Diagramm entnehmen läßt. Auf diese Weise ist es möglich, Maschinen anzuschließen, die das speisende Netz für eine verlangte Schweißleistung möglichst gering beanspruchen.

2. Geräte zur Frequenzwandlung

2.1. Frequenzwandlung durch Motorgeneratoren

Die Umformung von niederfrequentem Strom kann z. B. mit Motorgeneratoren vorgenommen werden, wobei der Drehstrommotor einen einphasigen Generator für die gewünschte Frequenz antreibt. Bei Zwischenschaltung eines Schwungrades läßt sich auf diese Weise neben der vollständig gleichmäßigen Lastverteilung auf alle drei Phasen des speisenden Netzes und einen guten $\cos \varphi$ auf der Niederfrequenzseite auch noch eine gewisse Energiespeicherung, zumindest eine Stoßpufferung, erzielen. Die Nachteile dieser Anwendung sind die geringe Last-Einschaltzeit und die damit verbundene schlechte Qualität des Leistungsfaktors auf der Bezugsseite sowie — gegenüber statischen Umrichtern — sehr hohe Anschaffungskosten.

2.2. Elektronische Frequenzwandler

Der Lastausgleich durch Speichergeräte eignet sich in erster Linie für solche Metalle, bei welchen hohe Ströme bei sehr kurzer Schweißzeit angewendet werden müssen, nicht aber für das Schweißen von Stahl. In solchen Fällen ist die Verwendung des elektronischen Dreiphasenausgleiches vorzuziehen. Diese Lastaus-

gleichsgeräte arbeiten nach dem Prinzip der elektronischen Frequenzumformer.

Abb. 5 zeigt das Prinzipschema eines derartigen Gerätes, das im wesentlichen aus dem Schaltelement und dem Steuerelement besteht.

Das Schaltelement besitzt 6 in Gruppen von 2 in Gegenschaltung angeordneten Ignitronröhren. Diese müssen bekanntlich zur Einleitung des Stromflusses über eine Hilfsanode gezündet werden. Die dadurch entstehende Entladung unterbricht, sobald die Halbwelle der Anodenspannung sich dem Nullwert nähert, den Stromdurchfluß. Soll dieser länger dauern, so ist die Röhre für jede Halbwelle durch Stromimpulse neu zu zünden.

Durch mehr oder weniger verspäteten Zündeneinsatz innerhalb der Spannungswelle kann erreicht werden, daß nur ein Teil der Stromwelle die Röhre passiert. Dadurch besitzt man ein Mittel zur stufenlosen Regulierung der Stromstärke.

Die Steuerung der Zündimpulse erfolgt mittels Thyatronröhren, die von einem elektronischen oder mechanischen Zeitgeber die erforderlichen Gitterimpulse erhalten. Zur Umformung von Dreiphasenstrom mit Netzfrequenz auf Einphasenstrom mit niedriger Frequenz wird die zeitliche Folge der Zündimpulse so geregelt, daß abwechselungsweise immer eine bestimmte Anzahl aufeinanderfolgender Halbwellen gleicher Richtung der drei Netzphasen in der einen und hierauf in der anderen Richtung eine der beiden Gruppen der Ignitronen passieren. Aus diesen wechselweisen aneinandergereihten Halbwellenzügen resultiert auf der Ausgangsseite des Ausgleichsgerätes der einphasige Wechselstrom von reduzierter Frequenz. Die resultierende Strom- und Spannungsform ist in Abb. 6 wiedergegeben. Durch Aneinanderfügen von mehr oder

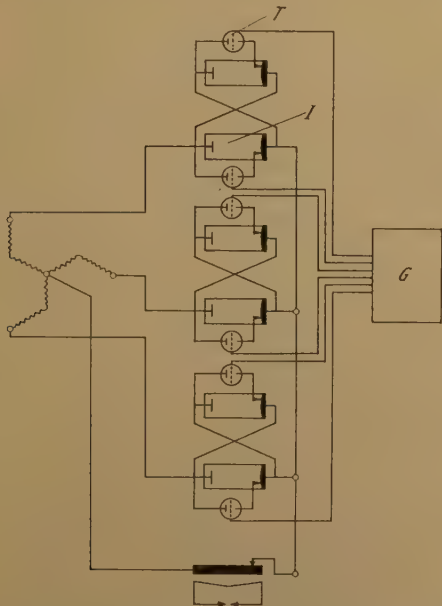


Abb. 5. Prinzipschaltung eines elektronischen Frequenzumformers

I Ignitronröhren
 T Thyatronröhren
 G Steuerelement

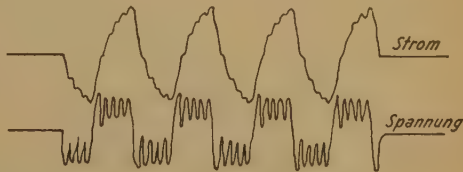


Abb. 6. Strom- und Spannungsoszillogramm eines elektronischen Frequenzumformers

weniger Halbwellen gleicher Richtung kann die Frequenz des Einphasenstromes verändert werden. Zur Speisung von Schweißtransformatoren sind Frequenzen von 3 bis 30 Hz üblich.

Da bei dieser Schaltung immer nur zwei Phasen gleichzeitig belastet sind, wird also nicht in jedem Augenblick ein voller Dreiphasenausgleich erzielt. Da die Umschaltung der Phasenbelastungen sich jedoch mit Netzfrequenz vollzieht, kann die Netzbelastung als vollkommen ausgeglichen angesehen werden.

2.2.1. Ablauf der Frequenzwandlung: Einfluß auf Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ und den Leistungsfaktor λ des die Eingangsseite speisenden Netzes

Es soll nunmehr geprüft werden, in welcher Weise sich die verminderte Blindleistungsaufnahme des Ausgangskreises mit niedriger Frequenz beim Strombezug auf der Eingangsseite auswirkt und wie der

Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$ bzw. der Leistungsfaktor λ^1) auf der Primärseite davon beeinflusst werden. Die dabei anzustellenden Überlegungen führen zur Theorie der Gleich- und Umrichtertechnik²⁾.

Zwischen der auflaufenden und der ablaufenden Phase (Abb. 7, oben, links) gibt es einen Überschneidungspunkt. Theoretisch könnte man von hier an den

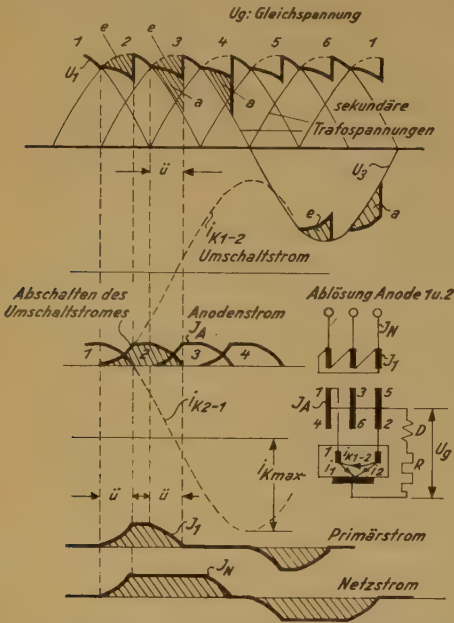


Abb. 7. Gleichspannung, Transformatorenströme, induktiver Spannungsabfall eines Stromrichters in 6-Phasen-Sternschaltung

Strom auf die nächste Phase verlegen. Dies ist jedoch nicht ratsam bzw. angängig, da die vorhandene Last, d. h. Stromführung, kommutiert werden muß. Bei Entlastung steigt, bei Belastung sinkt die Klemmenspannung der Phasen des speisenden Trafos oder Netzes.

Es sei beispielsweise eine Phase 1, die im Betrieb abgelöst werden soll durch die nachfolgende Phase 2.

¹⁾ Entgegen der Praxis in der Elektrizitätswirtschaft unterscheidet man in der Stromrichtertechnik

1. den Leistungsfaktor λ , der durch die Messung der Wirkleistung N_W , die primäre Netzspannung U_1 und den Primärstrom i_1 des Drehstromnetzes bestimmt wird durch

$$\lambda = \frac{N_W}{U_1 \cdot i_1 \cdot \sqrt{3}};$$

2. den Verschiebungsfaktor $\cos \varphi$, der durch die Messung der aufgenommenen Wirkleistung N_W und der Blindleistung N_B bestimmt wird durch

$$\cos \varphi = \frac{N_W}{\sqrt{N_W^2 + N_B^2}}.$$

Diese Unterscheidung ist erforderlich, da bei den Stromrichtern außer der Verschiebung der Grundwelle durch Induktivität oder durch Zündeinsatzverschiebung noch eine Kurvenverzerrung hervorgerufen wird.

²⁾ Bücher:

O. K. MARTI und H. WINOGRAD, Übersetzung von Dr.-Ing. OTTO GRAMISCH: Stromrichter. R. Oldenbourg, 1933.

A. GLASER — K. MÜLLER-Lübeck: Einführung in die Theorie der Stromrichter. J. Springer, 1935.

G. W. MÜLLER-UHLENHOFF: Elektrische Stromrichter. Friedrich Vieweg & Sohn, 1940.

W. SCHILLING: Die Wechselrichter und Umrichter. R. Oldenbourg, 1940.

Dazu muß der Strom der Phase 1 gelöscht, derjenige der Phase 2 gezündet werden. Durch den gleichzeitigen Betrieb beider Phasen entsteht somit eine gemischte Spannung und man hat gegenüber der ablaufenden Phase einen Spannungszusatz (a) und gegenüber der auflaufenden Phase einen Spannungsverlust (e). Links in der Mitte und unten auf Abb. 7 ist das langsame

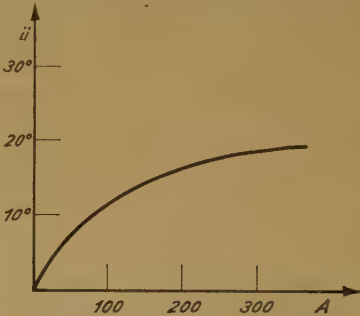


Abb. 8. Überlappungswinkel in Abhängigkeit von der Stromstärke

Ab- und Aufgleiten der Ströme, die kommutiert werden, dargestellt, wobei dieser Vorgang sich als Löschoperation zwischen den beiden Anoden und den angeschlossenen Phasenspannungen abspielt, wie dies in Abb. 7, Mitte, rechts, dargestellt ist.

Es ist ersichtlich, daß der Strom erst mit einer gewissen Winkelnachteil nach der Zündung zu voller

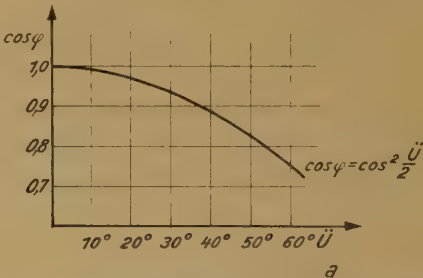


Abb. 9a. Phasenverschiebung in Abhängigkeit von der Überlappung \ddot{u}

Höhe gelangt. Um sicher zu arbeiten, verzögert man wegen der angegebenen Klemmenspannungsänderung die theoretisch frühestmögliche Zündung um etwa 15° el. Die durch die Löschung erzwungene Überlappung \ddot{u} ist um so größer, je höher der Strom (Abb. 8), und um so geringer, je höher die treibende Differenzspannung ist, z. B. bei großer Zündverzögerung.

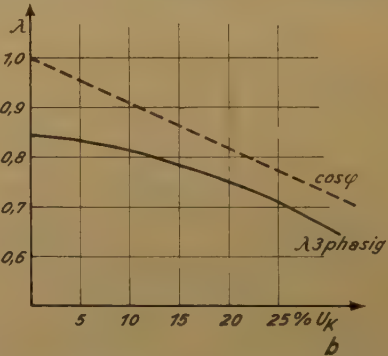


Abb. 9b. Leistungsfaktor und Phasenverschiebung in Abhängigkeit von der Leistungsaufnahme

Die Überlappung bedeutet eine Verschlechterung des Wertes für den $\cos \varphi$ auf der oberfrequenten Anschlußseite, weil der Strom nicht mehr zwischen 60° el bis 120° el, also konphas, fließen kann (Abb. 9a). Die weitere Verschlechterung vom $\cos \varphi$ zum Leistungsfaktor λ ist durch die Oberwellen-Verzögerungsverluste auf der Oberfrequenzseite gegeben (Abb. 9b).

2.2.2. Einfluß des Anschnittwinkels α auf den Leistungsfaktor λ und den Verschiebungswinkel φ

Zur Regulierung des Effektivwertes des Schweißstromes bzw. zur Erzielung einer Amplituden-Modulation — der sogenannten Slope-Control —, die bei allen modernen Schweißgeräten heute angewendet wird, muß der Zeitpunkt der Zündung geändert werden können. Dies bewirkt eine Vergrößerung oder Verkleinerung des Phasenanschnittes. Steigende Zündverzögerung, d. h. steigender Phasenanschnittswinkel α , vergrößert den Nacheilwinkel des Stromes und verschlechtert damit den $\cos \varphi$. Gleichzeitig wird aber, wie aus Abb. 10 hervorgeht, der Überlappungswinkel immer geringer,

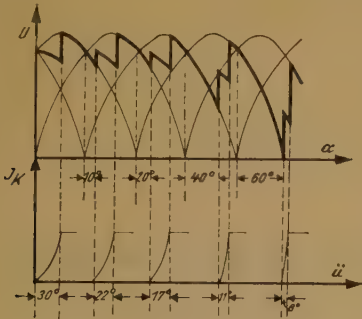


Abb. 10. Überlappungswinkel u , abhängig vom Anschnitt α

so daß die ungünstige Auswirkung der Vergrößerung des Phasenanschnittes auf den Leistungsfaktor dadurch teilweise kompensiert wird.

2.2.3. Blindstromaufnahme der Niederfrequenzseite

Da die Spannung auf der Niederfrequenzseite keinen Sinuscharakter trägt, sondern eine Blockspannung ist, die aus der gewählten Summe der oberfrequenten Halbwellen zusammengesetzt wird, kann man auch von keinem $\cos \varphi$ im exakten Sinne reden.

Abb. 11 zeigt das langsame Ansteigen des niederfrequenten Stromes während der Blockaussteuerung mit konstantem Anschnittswinkel, bedingt durch die auch den Abstieg bestimmende Größe der Induktivität der Schweißmaschine. Dieser verlangsamte Anstieg wirkt sich günstig auf den Schweißvorgang aus, da hiedurch

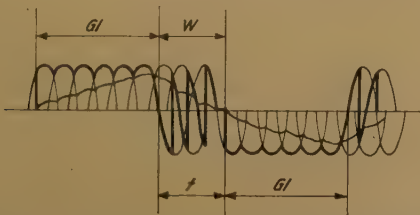


Abb. 11. Aussteuerung der Niederfrequenzseite

G/l Gleichrichteraussteuerung
 W Wechselrichteraussteuerung

ein explosionsartiges Aufschmelzen und damit die Bildung von Metallspritzern vermieden wird.

Beim Absteigen des Stromes würde das zuletzt im Block gezündete Ignitron erst dann löschen, wenn sein Strom zu Null wird, was bei der angenommenen Größe der Induktivität erst nach einem neuerlichen positiven Aufschwingen der betreffenden Phase, d. h. frühestens 360° el später, eintreten könnte, wie dies in Abb. 12b wiedergegeben ist. Abb. 12a stellt eine rechtzeitige Löschung noch während der negativen Halbwelle der zuletzt gezündeten Phase dar. Zur sicheren Übernahme des Blindstromes wird deshalb in der Umrichtertechnik die mit Wechselrichteraussteuerung bezeichnete Methode angewandt; bei dieser läuft der Strom nur so lange auf der zuletzt gezündeten Phase, als die negative Halbwelle andauert. Aus Kommutierungsgründen muß man, wie in Abb. 12c angegeben ist, mindest bis zum Überschneidungspunkt der nachfolgenden Phase im negativen Gebiet die Kommutierung beendet haben.

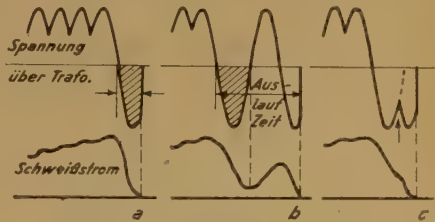


Abb. 12. Blindstromübernahme durch Aussteuerung

Die Zeit, während welcher der nacheilende Strom in Relation zum aufsteigenden Strom fließt, ergibt ein Maß für den niederfrequenzseitigen $\cos \varphi_N$; für das in Abb. 11 aufgezeichnete Beispiel wird

$$\varphi_N = 180^\circ \cdot \frac{3}{2 \cdot (6 + 3)} = 30^\circ; \cos \varphi_N = 0,86.$$

Dieser niederfrequente $\cos \varphi$ wirkt sich auf der Speise-seite als im Rhythmus der Niederfrequenz pendelnde Verschlechterung des Leistungsfaktors aus.

2.2.4. Resultierende Netzbelastung

Die Bedingungen für die aus dem speisenden Netz zu beziehende Leistung nach Größe, Phasenverschiebung und Leistungsfaktor sind in den Abschnitten 2.2.1. bis 2.2.3. kurz beschrieben worden. Aus ihrer summarischen Zusammenfassung ergeben sich jene Maßnahmen, die zu einer möglichst geringen Beanspruchung des speisenden Netzes bei einer verlangten Schweißleistung nötig sind.

In Abb. 13 sind diese Verhältnisse als kombinierte Kurvenschar in Abhängigkeit vom Aussteuerwinkel α dargestellt. Daraus ist zu ersehen, daß stets mit dem größtmöglichen Anschnitt, also kleinstem Winkel α , gearbeitet werden muß, wenn ein guter Wert für $\cos \varphi$ bzw. λ auf der Bezugsseite auftreten soll. Daraus ergibt sich die Forderung, mit weitgehend voller Aussteuerung zu schweißen und die erforderliche Spannungshöhe mit den entsprechenden Trafostufen einzustellen. Die optimalen Schweißverhältnisse, die bei Berücksichtigung der genannten Erfordernisse erzielt werden können, setzen eine mechanisch-elektrisch entsprechend gebaute Schweißmaschine voraus, d. h. vor allem einen genügend großen Kupferquerschnitt für die Elektroden-zuleitungen und für den Transformator und eine ent-

sprechend große Anzahl von Stufen zur Leistungsregulierung. Werden beide Forderungen erfüllt, kann man mit relativ geringerem Leistungsbezug bei gutem $\cos \varphi$ auch Schweißmaschinen mit großer Öffnung und Ausladung speisen.

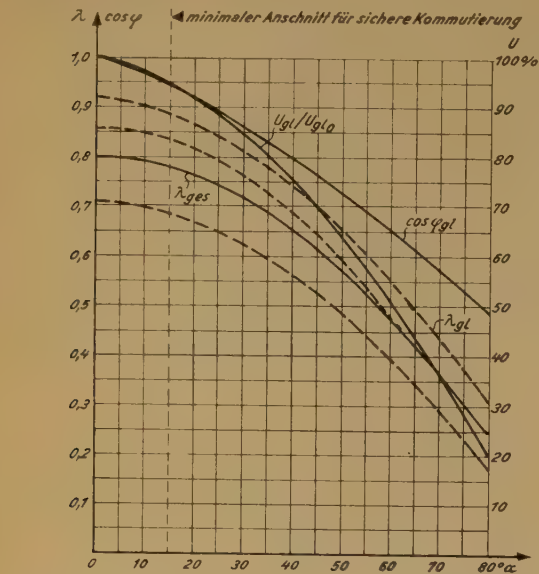


Abb. 13. Spannung, $\cos \varphi$ und λ in Abhängigkeit vom Anschnitt α

- U_{gl0} Gleichspannung bei Leerlauf $= \sqrt{2} U_W \frac{P}{\pi} \sin \frac{\pi}{P}$
- P Phasenzahl
- U_W eff. Wechselspannung
- U_{gl} Gleichspannung bei Last
- $\cos \varphi_{gl}$ Verschiebungsfaktor bei Last
- λ_{gl} Leistungsfaktor bei Last

2.2.5. Angepaßte Niederfrequenz

Öffnung und Ausladung der Schweißmaschine samt Schweißgut stellen eine Induktivität mit dämpfendem Widerstand dar. Unter der Einwirkung der Halbwellenblockspannung steigt der Schweißstrom angenähert nach der Exponentialfunktion $e^{-\frac{R}{L}t}$ an. Die elektrische Ausrüstung der Maschine wird nur dann voll ausgenutzt, wenn der Beharrungszustand, welcher nach der Theorie etwa bei der vierfachen Zeit-

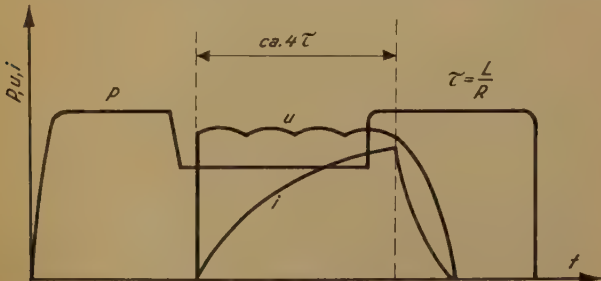


Abb. 14. Erwünschte Spannungs-, Strom- und Druckverhältnisse

- U Spannung
- i Strom
- P Druck

konstanten τ des Einschaltvorganges auftritt, erreicht wird.

In Abb. 14 sind diese erstrebenswerten Verhältnisse angedeutet. Das bedeutet, daß je nach dem Schweißgerät verschiedene Frequenzen anzuwenden sind; beim Steuergerät muß daher eine verschiedene Anzahl von oberfrequenten Halbwellen nach Wahl addiert werden können.

2.2.6. Oszillographische Darstellungen der Arbeitsweise von Lastausgleichsgeräten

Abb. 15 zeigt die Verhältnisse an einer großen Maschine von 180 kVA Schweißleistung, bei welcher neben den elektrischen Größen auch das Druckprogramm mit einer Öldruck-Meßdose gemessen wurde; der Druck verläuft gleichmäßig während des Vorwärmens und fällt dann scharf ab. Auf diese Weise erhält man einen hohen Vordruck, womit die Elektroden in das Material eingepreßt werden. Wesentlich ist der erhöhte Nachpreßdruck, der bereits einsetzt, bevor die Schweißaussteuerung zu Ende ist.

Die mittlere Kurve gibt den Stromverlauf wieder; der Anschnitt während des Vorwärmens erfolgt sehr spät, so daß bei jeder Phase ein kleiner Strombuckel einzeln erzeugt wird; der Schweißstrom geht nahezu ohne Aufenthalt durch die Null-Linie. Dies ist der Erfolg der Blindstromaufnahmesteuerung, die hiezu sehr genau eingestellt werden muß.

Der Verlauf der Spannung zeigt die Zusammen-



Abb. 15. Oszillogramm, aufgenommen an einer Punktschweißmaschine für 1,75 m Ausladung

setzung der Blockspannungen aus den einzelnen Spannungsteilen. Da ein kleiner Anschnitt gewählt ist, findet die nachfolgende Zündung erst statt, wenn die vorhergehende Phase bereits negativ wurde.

Abb. 16 stellt eine ähnliche Aufnahme ohne Druckaufzeichnung bei vergrößertem Maßstab dar. Der Strom steigt langsam an; am absteigenden Strom sieht man kleine Buckel, die Übernahmen durch Wechselrichter-aussteuerung. Die Spannung bricht mit dem Ansteigen des Stromes zusammen. Das ist eine normale Erscheinung, weil der Kupplungs-Transformator nicht für die höchste (kurzzeitige) Leistungsaufnahme, sondern nur für die Dauer-Schweißleistung (100% ED) ausgelegt wird.

Bei kleinem Strom ist kaum eine „Ecke“ bei der Kommutierung in der Spannungskurve bei der Übernahme von Phase zu Phase zu bemerken, die dann gegen

Ende der Halbwellen bei sehr hohen Strömen auftreten. Das bedeutet, daß der $\cos \varphi$ bzw. der Leistungsfaktor mit höherem Strom immer schlechter wird.

3. Ausführung elektronischer Steuergeräte

Die Arbeit „Elektronische Steuerungen für Widerstandsschweißmaschinen“ hat sich bereits ausführlich mit der zur Beherrschung der metallischen Vorgänge während der Schweißoperation erforderlichen Steuerung der thermischen und mechanischen Vorgänge befaßt. Es sei hier nur kurz erwähnt, daß für ein elektronisches Steuergerät drei verschiedene grundsätzliche Steuerteile unterschieden werden, und zwar die Zeitgeber, welche das Schweißprogramm mit dem zeitlichen Ablauf einzelner Funktionen bestimmen, die Zündstufen, welche den Zündeinsatz und den Zeitpunkt der Zündung der Ignitrons festlegen, sowie die Druckkontrolle. Bei Lastausgleichsgeräten kommen Einrichtungen für die notwendige Aussteuerung der Frequenzkontrolle und die Blindstromübernahme hinzu. Die Schalttafel eines derartigen Gerätes zeigt Abb. 17; die Bezeichnungen der einzelnen Funktionen werden nur durch Symbole vorgenommen. In der oberen Platte sind in der ersten Reihe die Regeleinrichtungen für vier Zeitgeber sichtbar, wobei für die Anzahl der Halbwellen Zehner- und Einerpotenzen getrennt eingestellt werden können, und unmittelbar darunter die Umstellung des Druckes für jeden Zeitabschnitt. In der nächsten Reihe sind vier vollkommen voneinander getrennte Strom-Einstellungen durch Phasenanschnittsänderungen eingebaut; das Symbol links unter dem Knopf zeigt einen weit zurückgeschobenen, rechts einen sehr weit vorgeschobenen Phasenanschnitt. Die auf dem Teilkreis angegebenen Prozente entsprechen ungefähr der Leistungsaussteuerung. Die folgende Reihe enthält 4 weitere Zeitgeber; alle 8 Zeitgeber sind mit fortlaufenden Nummern versehen; diese bedeuten: 1 = Vorpressen, 2 = Vorwärmen, 3 = Schweißen, 4 = Schweißen, 5 = Rückkühlen, 6 = Nachglühen, 7 = Nachpressen und 8 = Abhebezeit, die sogenannte Ruhezeit. In der mittleren Platte ist rechts ein Kranz, auf dem die Frequenz in einem Umlauf unmittelbar sichtbar ist; neben dem Umlauf ist ein Schwinger als Symbol dargestellt. Rechts darüber sind die Symbole für die Aussteuerung angeordnet; die Stromaussteuerung ist mit einem vollen Punkt, die Blindstromübernahme mit zu einem Drittel gefüllten Punkt, die Pause als einfacher Kreis gekennzeichnet. Diese Symbole wiederholen sich bei dem links in der gleichen Platte angeordneten zugehörigen Schalter. Die untere Platte enthält links eine Naht-Aussteuerung, daneben getrennt Slope-auf und Slope-ab und rechts die Anfangsgröße des Slopes.

Ein solches Steuergerät zu einer Punktschweißmaschine zur Herstellung von Seitenrahmen des Fahr-



Abb. 16. Oszillogramm eines Synotrons mit 8 Strom- und 4 Wechselrichter-Halbwellen



Abb. 17. Elektronisches Steuergerät Synotron

gestelltes von großen elektrischen Lokomotiven zeigt Abb. 18. Die Maschine wird von einem eigenen, unmittel-

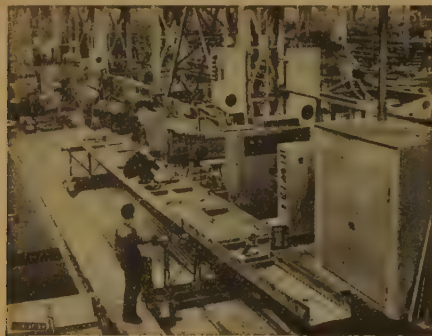


Abb. 18. Punktschweißen von Lokomotivrahmen

telbar neben ihr aufgestellten Transformator 10 000 V gespeist; die Spannungsverhältnisse sind daher günstig und der übrige Betrieb wird nicht gestört.

4. Lastausgleich bei Maschinen mit mehreren Elektroden

Der Vollständigkeit halber soll die Möglichkeit erwähnt werden, einen Lastausgleich bei Normalfrequenz bei Maschinen mit einer größeren Anzahl von Elektroden durchzuführen. Als Beispiel sei eine Beton-Gitterschweißmaschine angeführt, bei welcher die drei Phasen auf die Elektroden gleichmäßig verteilt werden, so daß im Gegensatz zu den Lastausgleichsgeräten, die in einem gegebenen Zeitpunkt nur an zwei Phasen angeschlossen sind, während eine Phase entlastet ist, ein voller Ausgleich erzielt wird.

Energiewirtschaftlicher Kurzbericht

Punktschweißmaschinen für die Radiatorenherstellung. Die hohe Bautätigkeit steigerte den Bedarf an Radiatoren für Zentral- und Etagenheizungen beträchtlich. Diese Heizkörper werden aus Gußeisen oder Stahlblech (mittels Widerstands- oder Autogenschweißung) hergestellt. Bei den für Widerstandsschweißung bestimmten Radiatoren sind in der Hauptsache an Arbeiten erforderlich:

- a) Zusammenlegen der beiden Radiatorenhälften und Punktschweißen der Sicken;
- b) Nahtschweißen der Außenkanten;
- c) Verbinden der einzelnen Radiatorkörper zu Blocks.

Im folgenden soll nur von der ersten Arbeit die Rede sein. Früher wurden die Punkte einzeln geschweißt; mit Punktschweißmaschinen geschieht das Schweißen selbstständig.

Bei der neuen, von den SSW - Erlangen hergestellten Bauart nimmt das in Schweißkonstruktion erstellte Maschinengestell alle Teile und Vorrichtungen auf, die zur Abwicklung sämtlicher Funktionen erforderlich sind. Die Anordnung der Schweißelektroden ist dabei so vorgesehen, daß sämtliche Radiatorkörper geschweißt werden können. Die Schweißelektroden können mittels Handrädern, die auf Gewindespindeln sitzen, über Supporte in Querrichtung der Maschine entsprechend den Radiatorlängen, verstellt und einjustiert werden. Gleichzeitig mit den Schweißelektroden werden auch die Schweißtransformatoren mit den Strombänklern verstellt.

Das Schweißen der Radiorenglieder mit 3 Reihen Sicken wird in zwei hintereinander geschalteten Arbeitsgängen vorgenommen, und zwar so, daß im ersten Arbeitsgang nur jeweils so viele Punkte geschweißt werden, als auf den kurzen Sicken angebracht werden können. Im zweiten Arbeitsgang folgen nun die Punkte, die in den Enden der Sicken erforderlich sind.

Infolge der Verstellmöglichkeit der Schweißelektroden ist es möglich, die Schweißpunkte für alle Radiorenglieder an der erforderlichen Stelle anzubringen. Die Maschine ist so konstruiert, daß jeweils 2 Radiorenglieder nebeneinander auf der Werkstückaufnahme Platz finden, mit Ausnahme der Radiatoren mit 900 mm Nabenabstand, die infolge ihrer Länge nur einzeln einlegbar sind. Je nachdem, ob längere oder kürzere Radiorenglieder geschweißt werden sollen, können einzelne Schweißelektroden abgeschaltet oder, wenn erforderlich, auch weggeklappt werden.

Die an der Einlegestelle auf die Aufnahmedorne aufgenommenen Radiorenglieder spannen sich beim ersten Takt des Vorschubes in die Maschine automatisch durch Spreizdorne fest. Sobald die Schweißstationen passiert sind, öffnen sich die Spreizdorne selbsttätig, wodurch die Radiorenglieder in der nachfolgenden Ausstoßvorrichtung von den Aufnahmedornen abgehoben werden und aus der Maschine herausgleiten. Die Aufnahmedorne sind ebenfalls, entsprechend den einzulegenden Radiorengliedern, in der Querrichtung verstellbar angeordnet.

Der Antrieb der Transportkette, der taktweisen Vorschubvorrichtung und der Ausstoßvorrichtung wird mittels Hydraulik-Aggregat vorgenommen. Auch die Schweißelektroden sind hydraulisch gesteuert. Die Bedienung der Maschine kann von einem Mann vorgenommen werden, und zwar in der Weise, daß nach Einschalten nur die Radiorengliederhälften auf die Werkstückaufnahmen aufzulegen sind. Vorschub, Schweißen und Ausstoßen erfolgen dann automatisch.

Die Maschine wird gewöhnlich mit 16 Transformatoren ausgestattet. Die Punkte werden im Doppelpunktverfahren hergestellt, derart, daß die Sekundärwicklungen je eines der ober- und unterhalb der Werkstücke angeordneten Transformatoren sekundär in die Serie geschaltet sind. Die Werkstücke werden also nicht durch Querströme beansprucht. Oben und unten sind meist je 28 hydraulisch betätigte Elektrodenstempel angebracht.

Primär sind die Trafos parallel geschaltet. Die Transformatoren, Sondertypen in raumsparender Ausführung mit Eisenkern aus kaltgewalzten Sonderblechen mit besonders geringen Verlusten, sind für verschiedene Leistungen lieferbar. Meist haben sie eine Dauerleistung von je 28 kVA. Je nach den Netzverhältnissen können die Trafos einphasig, auf einmal oder in Gruppen nacheinander geschaltet oder auf die einzelnen Phasen aufgeteilt werden, um so eine ungefähr gleichmäßige Belastung aller drei Phasen des Drehstromnetzes zu erreichen.

Für Schaltung und Steuerung werden Ignitron-Schweißtaktter verwendet, die auch mit Leistungssteuerungsstufe ausgestattet sind. Im Durchschnitt werden je Minute etwa 3 Arbeitsspiele abgewickelt, also etwa 6 Radiatoren (von den großen mit 900 mm Nabenabstand etwa 3 Stück) je Minute geschweißt.

KUBITSCHKE

DAS ATOMKRAFTWERK

3. Jahrgang (1960)

Beilage zu ÖZE 13, 1960, Heft 1

Nr. 1/2

Einwirkung energiereicher Strahlung auf Materie

Von W. HANLE und A. SCHARMANN, Physikalisches Institut der Universität Gießen

Mit 13 Textabbildungen

I. Einleitung

Das Gebiet der Einwirkung energiereicher Strahlung auf Materie hat in den letzten Jahren eine sehr starke Beachtung gefunden. Einerseits ist die Beständigkeit des bei den Kernreaktoren verwandten Materials gegen energiereiche Strahlung entscheidend für die Sicherheit dieser Anlagen. Andererseits eröffnen sich durch gezielte Veränderungen der Materie mit Hilfe energiereicher Strahlung weite Perspektiven für ausgedehnte Industriezweige. Interessant ist dabei die Einwirkung sowohl auf anorganische als auch organische Stoffe und insbesondere auch auf biologische Objekte. Im vorliegenden Artikel werden zuerst die Arten und Quellen energiereicher Strahlung gestreift. Es folgt ein allgemeiner Überblick über die Wirkung energiereicher Strahlung auf Materie, der dann an Hand von typischen Einzelbeispielen erläutert wird.

II. Strahlungsarten

Grundsätzlich unterscheidet man Korpuskularstrahlung und elektromagnetische Wellenstrahlung. Es gibt geladene und ungeladene Teilchen. Geladene Teilchen sind Elektronen, Protonen (Wasserstoffkerne), Deuteronen (Kerne des schweren Wasserstoffes), Alpha-Teilchen (He-Kerne) und schwere Ionen; ungeladen sind die Neutronen. Röntgen- und Gamma-Strahlung sind energiereiche Quanten im Spektrum der elektromagnetischen Wellen.

Wir bezeichnen eine Strahlung als „energiereich“, wenn die einzelnen Korpuskeln oder Quanten eine Energie von mindestens 10^4 eV^1 haben. Die Bezeichnung „energiereich“ hat also nichts mit der Intensität der Strahlung zu tun. Zum Vergleich sei angeführt, daß die Ablösearbeit der äußeren Elektronen der Atomhülle einige eV, der inneren Elektronen bei schweren Elementen bis zu 10^5 eV und der einzelnen Nukleonen im Atomkern mehrere Millionen eV beträgt. Führt man Energie von der Größenordnung 10^4 eV einem Körper makroskopischer Dimensionen als Wärme zu, dann bewirkt diese Energiezufuhr eine unmeßbar kleine Temperaturerhöhung. Die spezifische Wirkung der energiereichen Strahlung beruht auf der großen, beim Elementarakt der Wechselwirkung von energiereicher Strahlung mit Materie umgesetzten Energie. Vergleichsweise beträgt die Energie der Wärmebewegung eines Atoms bei Zimmertemperatur nur etwa $1/30 \text{ eV}$, und selbst bei einer Temperatur von $10\,000^\circ \text{ C}$ nur rund 1 eV .

¹⁾ 1 eV ist die Bewegungsenergie, die ein Elektron beim Durchlaufen einer Spannung von 1 Volt erhält: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Ws}$.

Häufig ist es zweckmäßig, als pauschales Maß für die Wirkung energiereicher Strahlung auf die Materie die sog. „Dosis“ zu benutzen. Früher diente meist als Einheit das Röntgen (r), das ist die Dosis, die in 1 g Luft unter Normalbedingungen 84 erg — durch Ionisierung und Anregung — umsetzt. Heute wird häufig als stoffunabhängige Dosiseinheit das rad gebraucht, das ist die in 1 g einer Substanz absorbierte Strahlungsenergie von $100 \text{ erg} = 10^{-5} \text{ Wattsec}$.

Streng genommen ist auch die Energiegewinnung im Kernreaktor nur eine Ausnutzung energiereicher Strahlung, nämlich in erster Linie die Ausnutzung der bei der Spaltung des Urans den Kernbruchstücken erteilten hohen Bewegungsenergie. Hier wollen wir nur die direkte Ausnutzung der energiereichen Strahlung infolge ihrer spezifischen Wirkung behandeln.

III. Strahlungsquellen

Heute stehen uns zahlreiche intensive Quellen energiereicher Strahlung zur Verfügung. Benutzt werden für den vorliegenden Zweck in erster Linie Elektronen, Röntgen- bzw. Gammastrahlen und Neutronen; schwere geladene Teilchen, wie Protonen, kommen wegen ihres geringen Durchdringungsvermögens für wissenschaftliche Untersuchungen, weniger für technische Bestrahlungszwecke in Betracht.

Elektronen lassen sich auf verschiedene Weise auf hohe Bewegungsenergien bringen. Bei der einfachsten Methode durchlaufen die Elektronen eine Spannung bis zu mehreren MeV. Solche Elektronenbeschleuniger liefern hohe Ströme; jedoch ist die Durchdringungsfähigkeit der Elektronen selbst bei einer Bewegungsenergie von mehreren MeV verhältnismäßig gering. Sehr hohe Bewegungsenergien kann man Elektronen mit Hilfe von Betatrons (Elektronenschleuder), Linearbeschleunigern und Synchrotrons, Ionen mit Cyklotrons und Synchrotrons erteilen; allerdings ist der technische Aufwand sehr groß und die Ströme sind im allgemeinen — mit Ausnahme beim Linearbeschleuniger — für technische Zwecke zu klein.

Größeres Durchdringungsvermögen haben Röntgenstrahlen. Mit modernen Hochleistungsrontgenröhren lassen sich verhältnismäßig hohe Strahlungsdosen erzeugen; allerdings ist der Nutzeffekt bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen prinzipiell klein.

Die stärksten Quellen energiereicher Strahlung sind die Kernreaktoren. Man erhält mit ihnen sehr große Neutronenströme und sekundär durch Einfang der Neutronen in Kernen Gamma-Quanten. Außerdem werden in den Kernreaktoren radioaktive Isotope mit großer

Aktivität gewonnen. Radioaktive Isotope sind instabile Abarten der normalen Elemente. Sie sind in der Regel Beta-Strahler (Elektronenstrahler oder Positronenstrahler), etwa die Hälfte gleichzeitig Gamma-Strahler. Es

material (z. B. ein in schwerem Wasser gelöstes Uransalz) direkt zu Bestrahlungszwecken ausnutzen. Dies hat den Vorteil, daß dann auch die sehr intensive Strahlung der kurzlebigen Spaltprodukte wirksam ist.

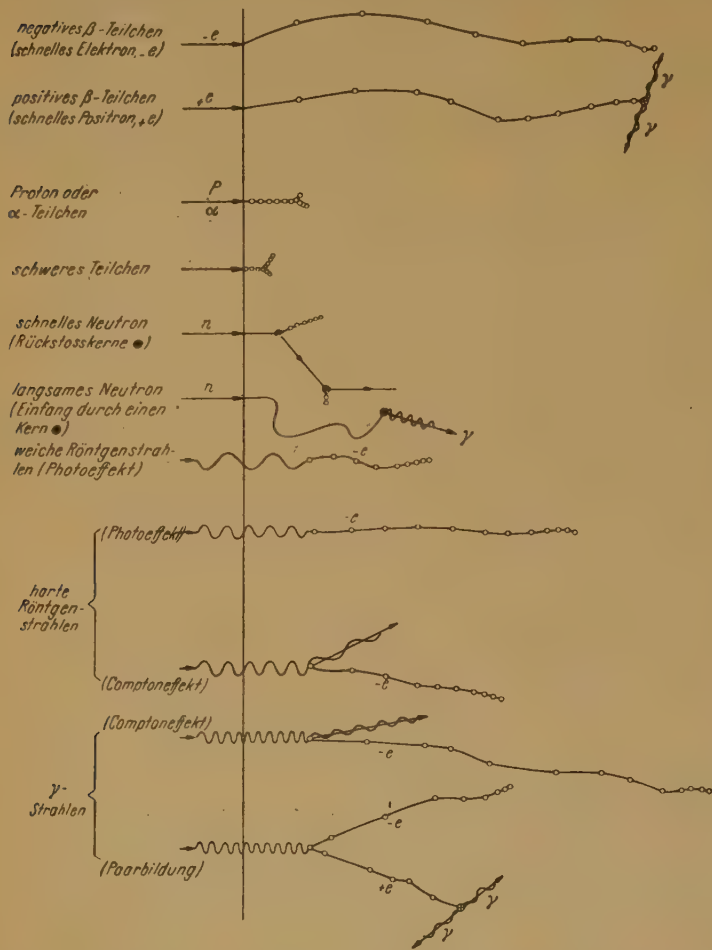


Abb. 1. Schematische Darstellung der Wirkung schneller Teilchen und harter Quanten beim Durchgang durch Materie. o-o-o-o-o bedeutet Anregung und Ionisierung längs der Bahnen geladener Teilchen

gibt zwei Möglichkeiten zur Gewinnung radioaktiver Isotope im Kernreaktor. Einmal sind die Kernbruchstücke bei der Spaltung von Uran radioaktiv (und zwar Elektronenstrahler, z. B. Cs 137), zum anderen können radioaktive Isotope durch Aktivierung stabiler Elemente mit den Neutronen des Kernreaktors gewonnen werden, z. B. der Beta- und Gamma-Strahler Co 60 aus Co 59. Da die Aktivierung von Co sehr einfach ist, stehen heute schon Präparate mit hohen Aktivitäten [1 000 Curie²⁾ und mehr] zur Verfügung. Die Abtrennung der radioaktiven Spaltprodukte vom Uran des Kernreaktors hingegen ist äußerst schwierig. Wenn jedoch diese Probleme der „heißen Chemie“ gelöst sind, dann werden sehr große Mengen von Spaltprodukten gewonnen werden können.

Bei einem homogenen Reaktor kann man die Strahlung der Spaltprodukte in dem zirkulierenden Spalt-

²⁾ Die Aktivität 1 Curie besitzt ein Präparat, in dem pro sec $3,7 \cdot 10^{10}$ Atome zerfallen. 1 g Radium hat die Aktivität 1 Curie.

IV. Wechselwirkung mit Materie

Die Strahlung kann mit der Materie gestreut werden und Energieverluste erleiden. Abb. 1 gibt einen Überblick über das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Strahlenarten beim Durchgang durch Materie. Energieverluste durch Anregung und Ionisierung sind durch Kreise angedeutet.

Elektronen verlieren ihre Energie nahezu ausschließlich durch sogenannte unelastische Stöße, d. h. durch Stöße, die mit Anregung, Ionisierung, Dissoziation oder Erzeugung von Bremsstrahlung verbunden sind. Schwere Ionen (z. B. Protonen, Alpha-Teilchen, Spaltprodukte bei der Uranspaltung) geben bei hohen Bewegungsenergien ihre Energie ebenfalls durch unelastische Stöße ab, bei niedrigen Energien dagegen durch elastische Stöße, wobei Bewegungsenergie auf die Stoßpartner übertragen wird. Die elastischen Stöße spielen hauptsächlich eine Rolle beim Durchgang von schweren Teilchen durch Festkörper, besonders Metalle. Elektronen übertragen wegen des ungünstigen Massenverhältnisses praktisch keine Bewegungsenergien beim Stoß.

Wird bei dem stoßenden Partikel und einem Kristallgitter-Baustein eine Energie von mehr als etwa 25 eV übertragen, so kann das Gitterteilchen von seinem Platz entfernt werden. Hat man es mit einem ursprünglich fehlerfreien Gitter zu tun, so verlagert sich der gestoßene Gitterbaustein auf einen Platz zwischen den anderen Gitterbausteinen, einen sogenannten „Zwischengitterplatz“ (Abb. 2). Eine Gitterlücke und einen dazugehörigen Gitterbaustein auf einem Zwischengitterplatz nennt man „Frenkeldefekt“. Wird bei einem solchen Stoß nur wenig Energie übertragen, so führt dies zur Anregung von Schwingungen eines Gitterbausteines und damit letzten Endes zu einer belanglosen Temperaturerhöhung. Energieübertragung mindestens in der Höhe der Verlagerungsenergie der

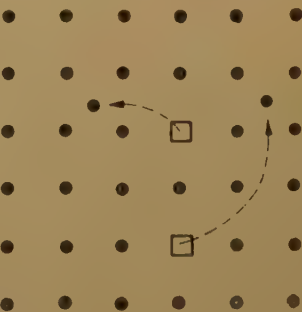


Abb. 2. Frenkelsche Fehlordnung

Gitterbausteine gibt dagegen zur Bildung von Frenkeldefekten Anlaß. Die Anzahl der gebildeten Fehlstellen ist relativ klein. Nur schwere Ionen hoher Energie, also

vor allem die Spaltbruchstücke bei der Uranspaltung, erzeugen eine größere Anzahl von Frenkeldefekten (Tabelle 1).

Tabelle 1. Frenkel-Defekt-Bildung durch α -Teilchen und Neutronen

Element	5 MeV- α -Teilchen		2 MeV-Neutronen
	Durch elastischen Stoß übertragene Energie [eV]	Zahl der Frenkel-Defekte	Zahl der Frenkel-Defekte
Be	$3,9 \cdot 10^3$	33	454
Graphit	$4,55 \cdot 10^3$	53	1870
Diamant	$4,55 \cdot 10^3$	154	
Al	$6,52 \cdot 10^3$	59	6030
Si	$6,4 \cdot 10^3$	49	
Ge	$8,5 \cdot 10^3$	59	

Für die zur Diskussion stehenden Probleme können wir in den meisten Fällen die relativ seltenen Kernumwandlungen durch schwere geladene Teilchen außer Betracht lassen.

Quantenstrahlung — Röntgen- und Gammastrahlung — erzeugt schnelle Elektronen, in dem uns interessierenden Energiebereich hauptsächlich durch Photo- und Comptoneffekt.

Neutronen können wegen der fehlenden Ladung nicht mit der Elektronenhülle der Gitterbausteine in Wechselwirkung treten, sie regen daher weder an, noch ionisieren sie.

Langsame Neutronen werden von den Atomkernen der Gitterbausteine leicht eingefangen. Bei diesen Kernumwandlungen wird energiereiche Strahlung erzeugt, meist Gamma-Quanten, bei einigen Kernen Alpha-Teilchen oder Protonen. Auch langsame Neutronen sind daher im Grunde genommen energiereich, weil bei ihrem Einfang in einem Atomkern die Bindungsenergie in der Höhe von mehreren MeV frei wird. Bei vielen Neutroneneinfangprozessen bildet sich ein schweres radioaktives Isotop, das unter Aussendung von Elektronen (Beta-Teilchen), oft begleitet von Gamma-Quanten, zerfällt. Die beim Einfang langsamer Neutronen erzeugte energiereiche Strahlung kann dann ihrerseits auf die Materie einwirken. Im allgemeinen werden die durch Elementumwandlung erzeugten Fremdteilchen keinen großen Einfluß auf das makroskopische Verhalten der Materie haben. In einigen Fällen, z. B. bei der Dotierung von Halbleitern, kann diese Methode, bei der kleine, aber genau festgelegte Mengen von Verunreinigungen erzielt werden, von Bedeutung sein.

Schnelle Neutronen, wie sie in großer Anzahl im Reaktor auftreten, erleiden beim Zusammenstoß mit Atomkernen Energieverluste durch elastischen Stoß, wobei den getroffenen Gitterbausteinen eine große

kinetische Energie erteilt wird. Diese Gitterbausteine — also beispielsweise in Kupfer Kupferionen — geben nun ihrerseits ihre Energie durch elastischen und unelastischen Stoß ab. Die Wirkung schneller Neutronen beruht also letzten Endes auf der Wechselwirkung schwerer geladener Teilchen mit der Materie. Abb. 3 zeigt die Vorgänge, die sich beim Durchgang eines schnellen Neutrons durch die Materie abspielen. Zunächst gibt es an einen Gitterbaustein, also an ein Ion, einen Teil seiner Energie ab. Dieses Ion verläßt seinen Platz, bewegt sich mit der beim Stoß empfangenen Bewegungsenergie ebenfalls durch das Gitter fort und verliert seine Energie durch elastische und unelastische Stöße. Mit abnehmender Energie (Geschwindigkeit) nimmt die Zahl der durch dieses Ion gebildeten Frenkeldefekte zu. Der Bereich hoher Frenkeldefektdichte heißt Störungsbereich (thermal spike). Bei intensiver Bestrahlung überlappen sich die Störungsbereiche der einzelnen Teilchen. Dabei heilen die Gitterfehlstellen teilweise aus, hauptsächlich dadurch, daß Teilchen aus Zwischengitterplätzen in Leerstellen fallen. Das ist die Ursache dafür, daß häufig die während der Bestrahlung beobachteten Effekte einer Sättigung zustreben.

Wichtig für die Anwendung energiereicher Strahlung ist ihre Eindringtiefe in die Materie. In dem in der Praxis am häufigsten vorkommenden Energiebereich bis

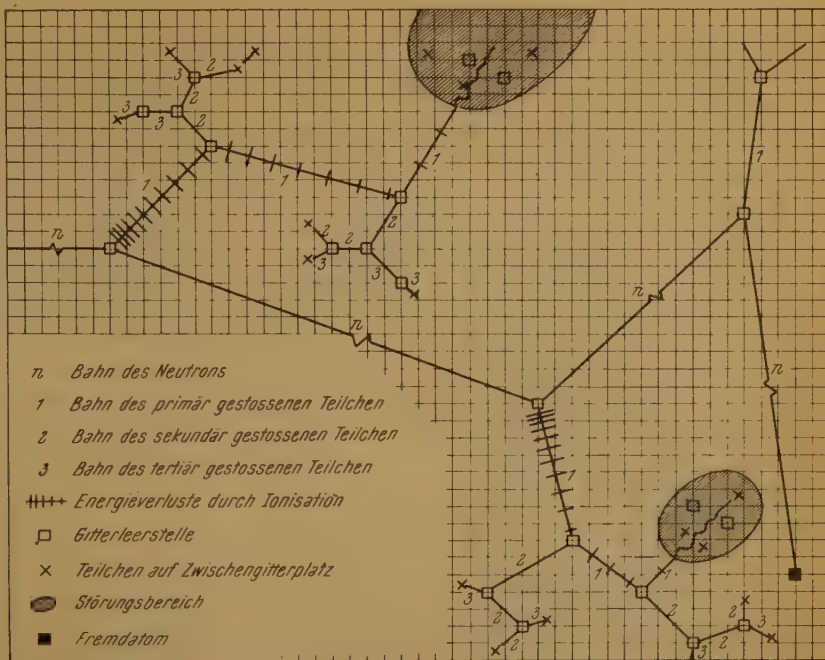


Abb. 3. Wirkung eines schnellen Neutrons im Festkörper. Das Kristallgitter ist durch die Schnittpunkte der Koordinatenachsen angedeutet

zu mehreren MeV Bewegungs- bzw. Quantenenergie ist die Durchdringungsfähigkeit der Röntgen- und Gamma-Strahlung und der schnellen Neutronen groß, die der schweren geladenen Teilchen (Alpha-Teilchen, Protonen, Ionen) klein, die der Elektronen liegt dazwischen. Für Elektronen von 2 MeV beträgt die Eindringtiefe in Al rund 4 mm, in Cu rund 1 mm, in Kunststoffe rund 1 cm. Schwere Ionen dringen nur wenig in Materie ein, z. B. Alpha-Teilchen von 2 MeV Anfangsenergie nur

einige Hundertstel Zentimeter, so daß ihre Wirkung auf eine dünne Oberflächenschicht beschränkt ist. Auch die Spaltbruchstücke haben trotz ihrer großen Anfangsenergie (Größenordnung 100 MeV) infolge ihrer großen Masse nur eine kleine Reichweite. Hingegen ist die Absorption von Gamma-Quanten und schnellen Neutronen um mehrere Größenordnungen geringer.

Die Dichte der von schnellen Ionen erzeugten Frenkeldefekte ist wegen der hohen Stoßzahl und der damit verbundenen geringen Reichweite sehr groß. Schnelle Neutronen bilden zwar mehr Fehlstellen (Tabelle 1), aber diese liegen weniger dicht, weil bei Neutronen die freie Weglänge, d. h. der Weg zwischen zwei Zusammenstößen mit Atomkernen, viel größer ist.

Die Wirkung der Röntgen- und Gamma-Strahlung ist äquivalent der Wirkung schneller Elektronen, nur dringen Röntgen- und Gamma-Strahlen wegen ihrer geringen Absorption in viel größere Tiefen ein. Dafür ist die in der Materie erzeugte Ionisierungsdichte geringer.

Tabelle 2. Reaktionen bei der Einwirkung energiereicher Strahlung auf ein N_2 - O_2 -Gemisch

\sim bezeichnet die primär durch energiereiche Strahlung bewirkten Reaktionen

* bezeichnet den angeregten Zustand

1. $N_2 \sim N_2^+ + e^-$
2. $N_2 \sim N_2^*$
3. $N_2^* \rightarrow N + N$
4. $N_2^+ + e^- \rightarrow N + N$ oder $N_2 + \gamma$
5. $O_2 \sim O_2^+ + e^-$
6. $O_2 \sim O_2^*$
7. $O_2^* \rightarrow O + O$
8. $O_2^+ + e^- \rightarrow O + O$ oder $O_2 + \gamma$
9. $N + O_2 \rightarrow NO + O$
10. $NO_2 + O \rightarrow NO + O_2$
11. $2 NO + O_2 \rightarrow 2 NO_2$
12. $2 NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$
13. $NO_2 \sim NO_2^+ + e^-$
14. $NO_2 \sim NO_2^*$
15. $NO_2^* \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow NO + O \\ \rightarrow N + 2 O \end{array} \right.$
16. $NO_2^+ + e^- \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow NO + O \\ \rightarrow N + 2 O \end{array} \right.$
17. $NO_2 + N \rightarrow 2 NO$
18. $NO_2 + N \rightarrow N_2O + O$
19. $NO_2 + N \rightarrow N_2 + 2 O$
20. $NO + N \rightarrow N_2 + O$
21. $N_2O \sim N_2O^+ + e^-$
22. $N_2O \sim N_2O^*$
23. $N_2O^* \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow N_2 + O \\ \rightarrow 2 N + O \end{array} \right.$
24. $N_2O^+ + e^- \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow N_2 + O \\ \rightarrow 2 N + O \end{array} \right.$
25. $NO + M^+ \rightarrow NO^+ + M$
26. $NO^+ + e^- \rightarrow N + O$ oder $NO + \gamma$
27. $2 NO_2 \rightleftharpoons 2 NO + O_2$

V. Momentaneffekte

Diese wollen wir nur am Rande behandeln. Hierher gehören auch alle Anwendungen und Meßmethoden für Strahlung, die auf der Ionisierung oder Lumineszenzanregung beruhen.

Häufig entstehen in der Technik Schwierigkeiten durch elektrische Aufladung hochisolierender Stoffe,

z. B. bei umlaufenden Treibriemen und bei der Herstellung von Papier, Textilien, Gummi und Kunststoffen. Diese unerwünschten Aufladungen lassen sich durch Ionisierung der Luft mit Beta- und Gamma-Strahlen beseitigen.

Der Vollständigkeit halber sei die sog. Atombatterie erwähnt, die eine direkte Umwandlung der Kernenergie in elektrische Energie gestattet. Allerdings wurde noch keine voll befriedigende Lösung gefunden. Atombatterien lassen sich auf verschiedene Weise bauen. Einmal nutzt man direkt die Aufladung durch die geladenen Teilchen aus, wobei man aber nur hohe Spannungen und winzige Ströme erhält, oder man nutzt die Erzeugung von Elektronen durch Ionisierung aus. Solche Atombatterien mit Sr 90 als Strahler liefern nur ganz geringe Leistungen (höchstens Milliwatt). Als beste Lösung wird ein Silicium-Gleichrichter aus n- und p-dotiertem Material angesehen, in welchem die Beta-Teilchen von Sr 90 ionisieren und damit eine Spannung erzeugen. Bei einem Querschnitt von $0,3 \text{ cm}^2$ erhält man mit 50 mC Sr 90 einen Strom von $10 \mu\text{A}$ bei einer Spannung von 0,5 Volt. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ausnutzung der von den energiereichen Teilchen erzeugten Wärme in Kombination mit einem Thermoelement. Die Verwirklichung eines solchen Projekts erfolgte kürzlich im „Snap 3“. Hier wird als Material für die Thermopaare Bleitellurid verwendet. Als radioaktive Strahlungsquelle dient Polonium Po 210, ein Alpha-Strahler, mit einer Radioaktivität von 3 000 Curie. Die Leistung der Batterie beträgt 5 W, der Wirkungsgrad 8 bis 10%. Der „Snap 3“ ist vor allem zum Einsatz in amerikanischen Raketen gedacht.

Auch die direkte Ausnutzung der Kernenergie zur Lichterzeugung steht noch in den Anfängen. Bekannt sind die Leuchtziffern von Uhren. Dabei wird ein Leuchtstoff durch einen mit ihm vermischten radioaktiven Stoff angeregt. Intensivere „Selbstleuchten“ bestehen aus Stilben mit eingebautem Tritium (radioaktiver Wasserstoff) oder einem mit radioaktivem Krypton gefüllten Leuchtstoffrohr.

Mehr als diese Momentaneffekte interessieren hier bleibende Veränderungen der Materie, die wir im folgenden ausschließlich betrachten wollen. Wir behandeln zunächst Gase, dann Flüssigkeiten und zuletzt Festkörper.

VI. Bleibende Veränderungen

A. Gase

Besonders wichtig sind die chemischen Änderungen durch energiereiche Strahlung (radiation chemistry). Primär werden die Moleküle durch Stöße geladener Teilchen ionisiert, angeregt und in Radikale zerlegt. Die in diesen Teilchen gespeicherte Energie (Anregungsenergie, Ionisierungsenergie, Radikalbildungsenergie) führt oft sekundär zu chemischen Reaktionen, wobei Energieübertragungsvorgänge verschiedener Art eine entscheidende Rolle spielen.

In mancher Hinsicht ähnelt die „radiation chemistry“ der Photochemie und den chemischen Wirkungen von Gasentladungen. Jedoch ist der Mechanismus ein anderer. In der Photochemie können durch geeignete Wahl der Wellenlänge des eingestrahlteten Lichtes ganz spezifische chemische Reaktionen, aber keineswegs alle diejenigen betätigt werden, die beispielsweise durch schnelle Elektronen ausgelöst werden. Bei chemischen

Reaktionen in Gasentladungen, z. B. im Lichtbogen, ist die Bewegungsenergie der Elektronen nur rund 10 eV, also um Größenordnungen geringer als bei der Einwirkung energiereicher Strahlung.

Wir besprechen zuerst die Wirkung auf Gase, da man bei diesen die Reaktionsprodukte am besten analysieren kann. Aus Tabelle 2 entnimmt man, wie kompliziert die Vorgänge sind. Beispielsweise werden in N₂ die Moleküle primär von der Strahlung angeregt (Reaktionsgleichung 2 in Tafel 2) und ionisiert (Reaktion 1). Dissoziation findet erst sekundär statt (Reaktionen 3 und 4). (Tertiäre Vorgänge, wie Anregung und Ionisierung von N-Atomen, sind in der Tafel der Übersicht-

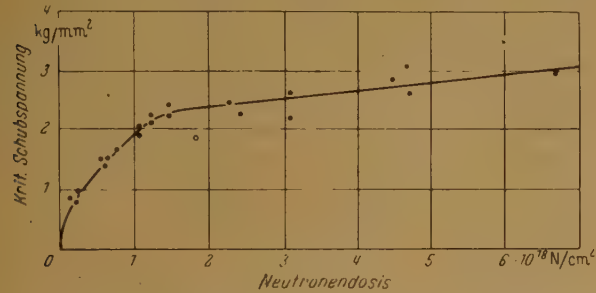


Abb. 4. Kritische Schubspannung von Kupferkristallen als Funktion der Neutronendosis (nach T. H. BLEWITT und R. R. COLTMAN)

lichkeit halber nicht angeführt.) Ähnlich ist die Wirkung energiereicher Strahlung auf O₂ (Reaktionen 5 bis 8). In einem N₂O₂-Gemisch spielen sich zusätzlich die Reaktionen 9 bis 27 ab. Dabei wird unter anderem NO₂ gebildet. Dies ist ein technisch sehr wichtiges Produkt. So beträgt der Bedarf der USA an Nitraten jährlich 10⁶ t. Bei der landläufigen Gewinnung wird die zur Umsetzung nötige chemische Energie normalerweise über die Wärme gewonnen. Denkt man sich diese mit einem Kernreaktor erzeugt, so muß man bei dem Weg über Wärme und elektrische Energie mit einem Nutz-

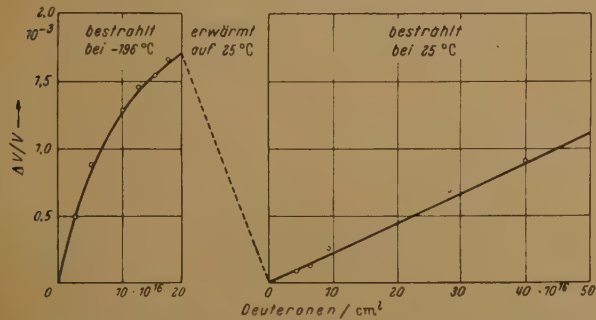


Abb. 5. Anstieg des spez. Volumens V von Kupfer durch Deuteronenbestrahlung (21 MeV) für die Temperaturen -196° C und +25° C (nach W. R. McDONELL und H. A. KIERSTEAD)

effekt von nur 10% rechnen. Grundsätzlich besteht nun die Möglichkeit einer direkten Umwandlung der Spaltungsenergie in chemische Energie. Die Bestrahlung geschieht dabei im Reaktor selbst. Die von diesem erzeugte Neutronen- und Gamma-Strahlung setzt das N₂-O₂-Gemisch teilweise um. Zugabe von angereichertem Uran (90% U 235) in Form von feinem Pulver erhöht die wirksame Strahlung, da die Neutronen im Uran Spaltungsprozesse hervorrufen und die Spaltprodukte

zusätzlich auf das N₂-O₂-Gemisch einwirken. Bei den bisherigen Versuchen konnten nur 10% der Spaltungsenergie ausgenutzt werden. Durch Verwendung von feinerem U 235-Pulver hofft man zu erreichen, daß die Spaltbruchstücke weniger im Uran abgebremst werden und dafür um so mehr Bewegungsenergie an das Gas übertragen.

Wie wir gesehen haben, spielen sich beim Durchgang energiereicher Strahlung durch ein Stickstoff-Sauerstoff-Gemisch gleichzeitig zahlreiche Reaktionen ab. Für die Erzeugung eines NO₂-Moleküls werden dabei im Mittel etwa 10 eV verbraucht. Einige unerwünschte Reaktionen setzen die Ausbeute herab. Hohe Drücke und Temperaturen (25 atü bei 225° C) geben optimale Ausbeute. Unter den angegebenen Bedingungen werden durch die Strahlung, die 1 Mol U 235 erzeugt, 5 × 10⁶ Mol NO₂ gebildet, das sind 285 t. In diesen Zahlen äußert sich der gewaltige Energieinhalt der Atomkerne, von dem bei der Spaltung ein Teil frei wird. Trotzdem ist es heute noch unklar, ob das Verfahren einmal mit dem klassischen konkurrenzfähig sein wird.

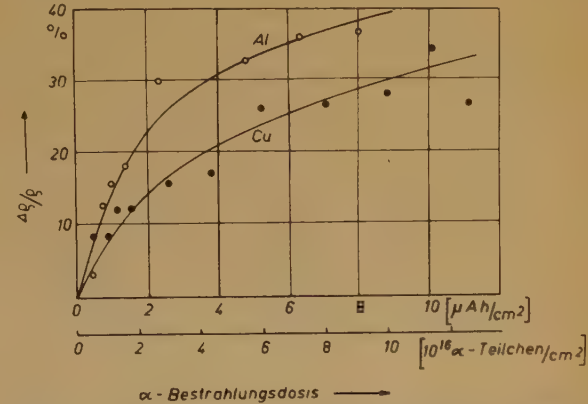


Abb. 6. Prozentuale Erhöhung des elektrischen Widerstandes von Aluminium und Kupfer durch α-Bestrahlung bei -150° C (nach A. B. MARTIN u. a.)

B. Flüssigkeiten

In Kernreaktoren, die Wasser als Moderator oder zur Kühlung verwenden, tritt eine starke Radiolyse von Wasser auf, es bilden sich H⁺ und OH⁻ infolge der Neutronen-Einwirkung und sekundär H₂, O₂ und H₂O₂. Besondere Maßnahmen müssen getroffen werden, um das Knallgas zu Wasser zu rekombinieren.

C. Metalle

Unelastische (anregende, ionisierende) Stöße energiereicher Teilchen spielen bei Metallen wegen der großen Zahl freier Elektronen keine Rolle. Elastische Stöße dagegen können die Gitterordnungen verändern, durch die die Eigenschaften der Metalle weitgehend bestimmt sind.

So wird durch Gitterfehlstellen das Wandern von Versetzungen behindert, was sich in einer Verfestigung des Materials äußert. Diese Gitterfehlstellen werden in der Technik durch normales Härten des Metalls hervorgerufen. Sie können aber auch durch Bestrahlung mit Ionen oder schnellen Neutronen erzeugt werden. Dabei scheint es so zu sein, daß die mit normalen Verfahren erreichte Härte des Metalls gleich dem oberen Grenzwert des mit Bestrahlung erreichbaren Wertes

ist. Abb. 4 stellt die kritische Schubspannung von Cu-Kristallen als Funktion der Strahlendosis dar. Deutlich ist der Sättigungseffekt mit wachsender Neutronenbestrahlung erkennbar. Abb. 5 zeigt die Volumenänderung von Cu bei der Einwirkung schneller, schwerer Teilchen. Diese Volumenzunahme läßt sich als Gitteraufweitung infolge Zunahme der Anzahl von Teilchen auf Zwischengitterplätzen erklären.

Ebenso wie die Gitterfehlstellen eine Verhärtung des Metalls bewirken, verursachen sie auch eine Abnahme der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit, da durch sie die Beweglichkeit der Elektronen herabgesetzt wird. Allerdings sind die Effekte bei Zimmertemperatur sehr klein, weil eine große Anzahl von Frenkeldefekten infolge der thermischen Energie der Gitterbausteine wieder ausheilt. Bei der Temperatur der flüssigen Luft ist die Widerstandserhöhung, die für Aluminium und Kupfer bei Zimmertemperatur weniger als 1% beträgt, sehr deutlich (Abb. 6), aber erst bei extrem tiefen Temperaturen spielt die Ausheilung keine Rolle mehr. Erwärmung des Metalls führt durch Ausheilung der Frenkeldefekte zu einem Rückgang des Widerstands. Dabei geht der Widerstand trotz längerer Erwärmung nicht auf seinen ursprünglichen Wert zurück, weil bei der Bestrahlung außer Frenkeldefekten noch Gitterfehlstellen durch Einlagerung der stoßenden Ionen in das Gitter oder — bei Neutronenbestrahlung — durch Kernumwandlung eines Gitterbausteins entstanden sind.

Besonders wichtig für den Bau von heterogenen³⁾ Reaktoren ist das Verhalten von Uran gegenüber Bestrahlung, weil es der Einwirkung der bei der Kernspaltung entstehenden Bruchstücke, die eine hohe Bewegungsenergie von der Größenordnung 100 MeV haben, ausgesetzt ist. Unglücklicherweise liegt das Uran unter normalen Bedingungen in der Alpha-Phase vor,

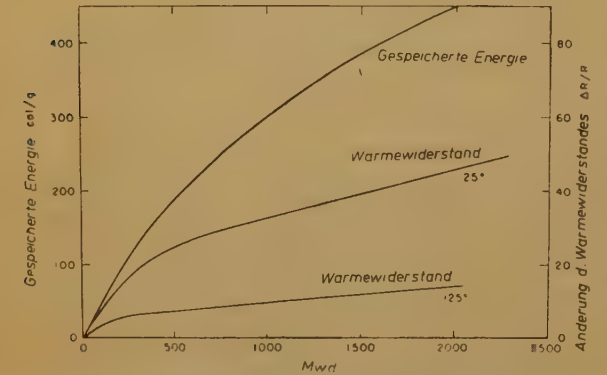


Abb. 7. Energiespeicherung und Änderung des Widerstandes von mit Neutronen bestrahltem Graphit in Abhängigkeit von der eingestrahlten Energie (MWd = Megawatt-Tage; bei 1 MWd ist der gesamte Neutronenfluß etwa $10^{17}/\text{cm}^2$ [graphitmoderierter Reaktor]) (nach G. R. HENNING)

bei der die Uraneigenschaften stark anisotrop sind, d. h. von der Kristallrichtung abhängen. Bei längerem Betrieb des Reaktors, wenn etwa 0,1% der Uran-Kerne gespalten sind, treten starke Längenänderungen auf, mit denen eine Versprödung des Urans verbunden ist.

³⁾ Im heterogenen Reaktor sind Spaltmaterial, Moderator und Kühlmittel räumlich getrennt, im Gegensatz zum homogenen Reaktor.

Man versucht daher durch Zusatz von Molybdän oder Niob das anisotrope Alpha-Uran in die isotrope Gamma-Phase zu überführen.

D. Halbleiter

Wir betrachten jetzt die — bleibende — Veränderung der Eigenschaften von Halbleitern durch energiereiche Strahlung. Bestrahlt man n-Germanium mit schnellen Neutronen, Deuteronen oder Alpha-Teilchen, so sinkt zuerst die Leitfähigkeit und wächst nach Durchlaufen eines Minimums wieder. Wird Germanium vom p-Typ bombardiert, so steigt die Leitfähigkeit vom Anfang der Bestrahlung an. Dieses Verhalten läßt sich

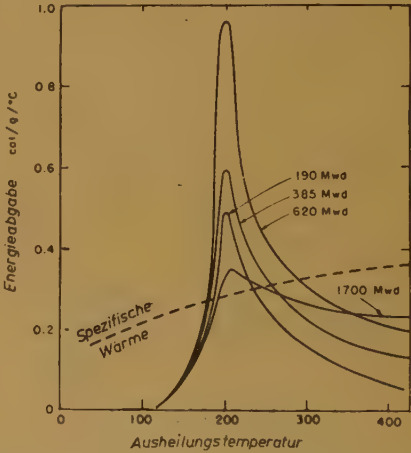
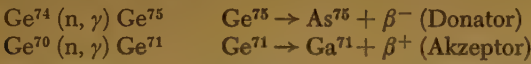


Abb. 8. Ausheilung neutronenbestrahlten Graphits durch nachträgliche Temperaturerhöhung. Abgabe der gespeicherten Energie als Funktion der Temperatur für verschieden starke Bestrahlungen

damit erklären, daß im Germanium die durch die Bestrahlung entstandenen Frenkeldefekte als Akzeptoren wirken. Die neugeschaffenen Akzeptorniveaus werden zum Teil mit Elektronen aus dem Leitfähigkeitsband ausgefüllt; dadurch sinkt die n-Leitfähigkeit. Bei weiterer Bestrahlung werden immer neue Akzeptoren gebildet, die sich nun mit Elektronen aus dem Valenzband auffüllen, wodurch die p-Leitfähigkeit ansteigt. Läßt man die so bestrahlten Germaniumproben bei Zimmertemperatur liegen, so gehen die Effekte langsam zurück. Bei einer Erwärmung auf 450°C verschwinden sämtliche erzeugten Frenkeldefekte. Umgekehrt ist die Leitfähigkeitsänderung bei tiefen Temperaturen wesentlich größer als bei Zimmertemperatur. Im Gegensatz zu schweren Teilchen verändern Elektronen die Leitfähigkeit von Germanium wegen ihrer kleinen Masse und dem daher geringen Anteil der beim elastischen Stoß übertragenen Bewegungsenergie erst oberhalb einer Energie von 0,6 MeV — und dann auch nur sehr wenig. Aus diesem Befund kann man schließen, daß zur Bildung eines Frenkeldefekts durch Ablösung eines Gitterteilchens in Ge etwa 30 eV nötig sind.

Die Herstellung von p- und n-leitenden Halbleitern ist deshalb von Interesse, weil sich durch Kombination dieser beiden Halbleitertypen Gleichrichter und Transistoren herstellen lassen. Bisher wurden die Halbleiter meist durch Zusatz von Verunreinigungen zur Schmelze dotiert. Mit Hilfe von Kernumwandlungen durch langsame Neutronen bietet sich die Möglichkeit, in Germa-

nium Akzeptoren und Donatoren zu bilden gemäß folgenden Kernreaktionen:



Im Hinblick auf die Bedeutung der Reaktortechnik in der Zukunft und die immer stärkere Verwendung von Halbleiterdioden und Transistoren sei noch bemerkt, daß die Gleichrichterwirkung eine p-n-Gleichrichters durch sehr intensive Neutronenbestrahlung weitgehend verlorengeht.

E. Graphit

Graphit ist wegen seiner guten Eigenschaften — kleiner Einfangsquerschnitt für Neutronen und gutes Bremsvermögen — ein wichtiger Reaktorbaustoff. Auch Graphit ändert seine Eigenschaften bei Bestrahlung mit

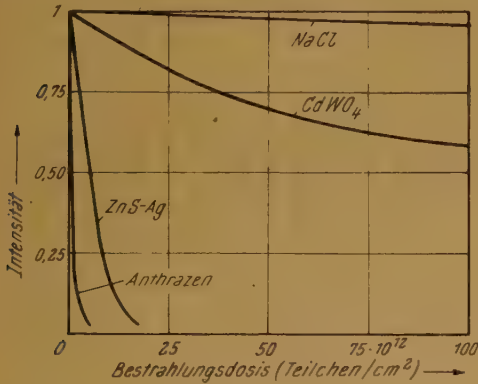


Abb. 9. Lumineszenzschwächung bei Bestrahlung mit 25 keV-Wasserstoff-Ionen.

schweren Teilchen oder Neutronen. Bei der Bestrahlung werden Kohlenstoffatome aus dem normalen Gitterverband herausgeschlagen. Diese Atome wandern auf Zwischengitterplätze, sie sind nicht mehr an einen bestimmten Gitterplatz gebunden und speichern daher eine beträchtliche Energie. Diese Frenkeldefektbildung führt zu einer Zunahme des Volumens, der Gitterkonstante, des thermischen und elektrischen Widerstandes sowie zu einer Abnahme der magnetischen Suszeptibilität.

Die Bestrahlungseffekte durch die Neutronen sind sehr temperaturabhängig. Die erzeugte Fehlordnung kann wieder ausheilen. Die für die Ausheilung nötige Energie wird entweder durch Wärme zugeführt oder durch die Stöße der Neutronen selbst. Abb. 7 zeigt die Energiespeicherung und die Vergrößerung des Widerstandes durch die Neutronen. Zu Beginn der Bestrahlung ist sowohl die Energiespeicherung als auch die Änderung der Wärmeleitfähigkeit größer. Mit wachsender Anzahl der Fehlstellen bilden sich mehratomige Komplexe C₂, C₃ usw. Diese speichern nicht so viel Energie wie einzelne Atome, weil sie weniger ungesättigte Bindungen haben. Den Zusammenhang zwischen der Temperaturerhöhung und der hierbei durch Ausheilung wieder freigesetzten Energie zeigt Abb. 8. Wie man sieht, wird ein Teil der gespeicherten Energie bei 200°C frei. Dieser Anteil ist kleiner nach sehr intensiver Bestrahlung (1 700 MWd), bei der sich Komplexe auf Zwischengitterplätzen bilden, die erst bei höherer Temperatur ausheilen. Wie man aus Abb. 8 erkennt, ist über einen beträchtlichen Temperatur-

bereich der Betrag der spezifischen Energieabgabe höher als die spezifische Wärme. Es wird also mehr Wärme frei, als zur weiteren Erhitzung des Graphits nötig ist. Dies kann zu einer katastrophalen Überhitzung führen, solange die überschüssige Wärme nicht an kühlere Teile abgeführt wird. Bestrahlt man den Graphit bei höherer Temperatur, so bilden sich die atomaren Fehlstellen auf Zwischengitterplätzen sofort wieder zurück; die Spitze bei 200°C verschwindet.

Die beim Betrieb eines graphitmoderierten Reaktors im Graphit gespeicherte Energie muß durch Glühen freigesetzt werden. Diese Maßnahme darf man nicht zu spät vornehmen, weil sonst zu hohe Temperaturen auftreten können. Auf einen solchen Vorgang ist der Unfall zurückzuführen, der am 9. Oktober 1957 den Reaktor in Windscale in England betroffen hat. Durch die bei der Freisetzung der Energie auftretende Temperatur barst aller Wahrscheinlichkeit nach die Hülle eines Brennstoffelements; dieses geriet dabei in Brand.

F. Nichtleiter

Die Einwirkung energiereicher Strahlung auf Nichtleiter (Ionenkristalle, Quarz, Diamant, Glas) macht sich in ganz ähnlicher Weise wie bei den Metallen und Halbleitern in einer Änderung der atomaren und Kristalleigenschaften bemerkbar. Auch hier werden bei intensiver Bestrahlung Volumen, elektrische und thermische Leitfähigkeit und die magnetischen Eigenschaften beeinflusst. Durch intensive Bestrahlung mit schweren Teilchen, Neutronen oder Alpha-Teilchen kann Kristallisation eintreten oder die Kristallstruktur zerstört werden. Viel auffälliger jedoch sind auch schon bei geringen Strahlendosen Änderungen der optischen Eigenschaften, wie Ver- oder Entfärbung.

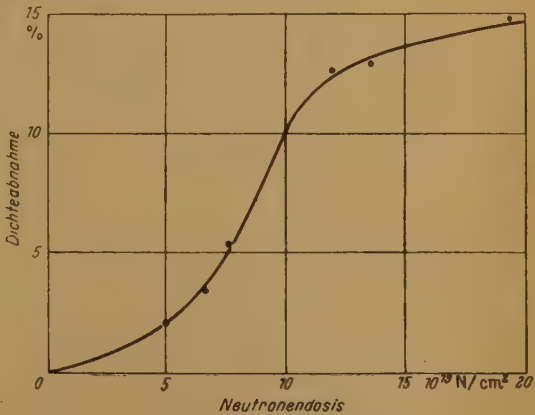


Abb. 10. Dichteabnahme von kristallinem Quarz als Funktion der Neutronendosis (nach M. WITTELS und F. A. SHERRILL)

Ionenkristalle

Ein typischer Vertreter der Ionenkristalle ist das Steinsalz. Bekannt ist die Blaufärbung des natürlichen Steinsalzes durch die Umgebungsstrahlung der radioaktiven Gesteine. Die blaue Farbe beruht auf einer Lichtabsorption der sog. Farbzentren, die sich durch die Bestrahlung bilden.

Durch energiereiche Strahlung wird die Lumineszenzfähigkeit von Leuchtstoffen beeinträchtigt. Wie

man aus Abb. 9 entnimmt, sind die Leuchtstoffe sehr unterschiedlich empfindlich. Sie sind häufig der Einwirkung energiereicher Strahlung in der Praxis ausgesetzt, auf dem Bildschirm der Fernsehröhren und Oszillographenröhren, auf Röntgenbildschirmen und in den mit radioaktiven Stoffen vermischten Leuchtstoffen von Selbstleuchtern. Die Verminderung der Lumineszenzfähigkeit beruht darauf, daß durch die energiereiche Strahlung Störstellen erzeugt werden, die die sonst zur Lumineszenz führende Anregungsenergie strahlungslos abführen.

Quarz

Auch Valenzkristalle, wie Quarz, werden durch energiereiche Strahlung verändert. Die Verfärbung läßt sich durch Wärmebehandlung rückgängig machen. Sie wird ähnlichen Farbzentren wie beim NaCl zugeschrieben. Bestrahlung von Quarz durch Neutronen im Reaktor ruft eine ähnliche Verfärbung wie Röntgenstrahlung hervor, nur lassen sich in diesem Fall die Fehlstellen durch Erwärmung nicht völlig beseitigen.

Bei starker Neutronenbestrahlung nimmt die Dichte der Quarzkristalle ab (Abb. 10).

Diamant

Daß sich Diamanten unter Einwirkung energiereicher Strahlung verfärben, ist schon seit langem bekannt. Heute gelingt es, mit Hilfe von schnellen Neutronen, Diamanten grün zu färben. Bei Bestrahlung im Reaktor werden die Edelsteine mittelgrün, nach längerer Bestrahlung dunkelgrün und dann undurchsichtig schwarz. Eine schwache Blaufärbung läßt sich durch Bestrahlung mit schnellen Elektronen erzielen. Elektronen höherer Energie verfärben Diamanten blaugrün. Die Verfärbung wird ebenfalls Frenkeldefekten zugeschrieben, die je nach ihrer Dichte den Kristall grün bis blau färben. Bei Erwärmung der bestrahlten Diamanten auf 600°C verschwindet die Verfärbung teilweise, bei höherer Temperatur schlägt die Farbe um, die Diamanten werden braun. Diese Braunfärbung ist gegen Wärmebehandlung völlig beständig.

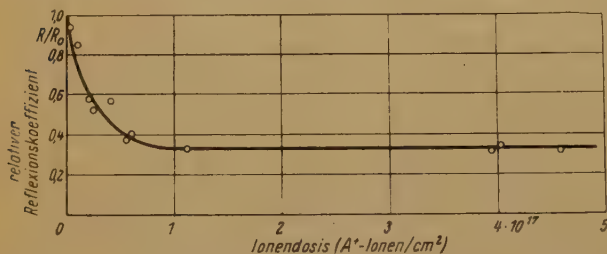


Abb. 11. Verhältnis des Reflexionskoeffizienten R eines bestrahlten Natriumsilikat-Glases zu dem des unbestrahlten R_0 in Abhängigkeit von der Argon-Ionendosis (33,5 keV) (nach R. L. HINES)

Glas

Auch Glas verfärbt sich bei Bestrahlung mit energiereicher Strahlung. Durch Strahlendosen von 10^6 r werden im allgemeinen Gläser stark gefärbt. Es hat sich dabei gezeigt, daß geringe Zusätze von CeO_2 (1 bis 2%) z. B. zu optischem Kronglas genügen, das Glas bis zu Dosen von 10^8 r (Gamma-Strahlung) völlig strahlenresistent zu machen. Dieser Effekt beruht darauf, daß die Ce^{4+} -Ionen die von den Gamma-Strahlen er-

zeugten Elektronen unter Oxydation zu Ce^{3+} -Ionen aufnehmen. Solche strahlenresistente Gläser werden im Kernreaktorbau benötigt.

Strahlenempfindliche Gläser lassen sich für die Dosimetrie verwenden. Geeignet dazu sind Silberphosphatgläser, bei denen die eingebauten Silberionen durch die von der energiereichen Strahlung erzeugten Elektronen zu Silberatomen reduziert werden. Diese Silberatome bilden dann im Gitter des Glases — Glas zeigt im Bereich von 1 bis 10 m μ Durchmesser Kristallstruktur — Zentren, die bei nachträglicher Anregung

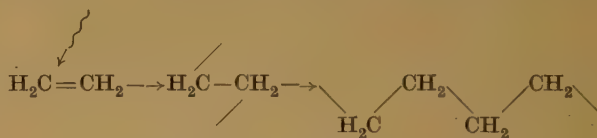


Abb. 12. Aufbruch der Doppelbindung von Äthylen durch die Einwirkung energiereicher Strahlung und Polymerisation von Äthylen zu Polyäthylen

mit ultraviolettem Licht eine der Dosis der vorher eingestrahlten Röntgen- oder Gamma-Strahlung proportionale sichtbare Lumineszenz zeigen, ähnlich wie bei NaCl/Ag-Kristallen. Solche Silberphosphatgläser sind als einfache Dosimeter von 10 bis 10^4 r brauchbar.

Neuerdings wurde beim Beschuß von Glas mit schnellen Ionen eine Reflexverminderung beobachtet. Sie beruht auf der Bildung einer dünnen Oberflächen-

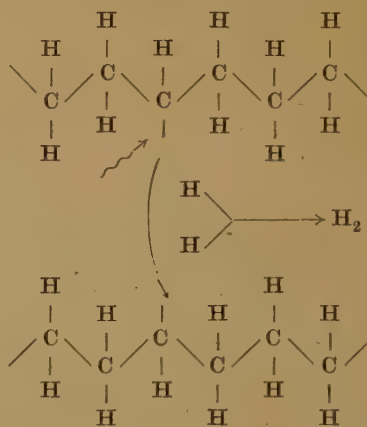


Abb. 13. Aufbruch von Bindungen bei Polyäthylen durch die Einwirkung energiereicher Strahlung mit darauffolgender Vernetzung unter Freiwerden von Wasserstoff

schicht, die einen anderen Brechungsindex hat als das Grundmaterial. Abb. 11 zeigt die Reflexverminderung für ein Natrium-Silikat-Glas in Abhängigkeit von der Ionendosis.

G. Organische Stoffe

Interessant und technisch wichtig ist die Einwirkung energiereicher Strahlung auf organische Stoffe. Der Mechanismus ist in allen drei Aggregatzuständen ähnlich und leicht zu übersehen. Es gibt eine umfangreiche Literatur darüber. Technisch aussichtsreich ist die Chlorierung aromatischer Verbindungen, insbesondere die Synthese des Insektizids Gamma-Hexachlorzyklohexan. Die wichtigsten Anwendungen energiereicher Strahlung in der organischen Chemie bestehen in der Kunststoffindustrie. Zunächst kann energiereiche Strahlung an-

statt eines Katalysators zur Polymerisation dienen. Dies veranschaulicht Abb. 12. Diese Methode kommt allerdings aus wirtschaftlichen Gründen wohl nur für solche Fälle in Betracht, in welchen andere versagen, so für die Polymerisation im festen Zustand, z. B. bei Acrylamid. Wichtiger ist die Behandlung von Kunststoffen selbst. Die Lösung von Bindungen durch energiereiche Strahlung kann zu Vernetzung (cross linking [Abb. 13]) oder Spaltung des Polymers führen. Beides geht nebeneinander her. Bei einigen Stoffen überwiegt die Vernetzung, bei anderen die Depolymerisation. Als Folge davon ändern sich die elastischen Eigenschaften. Vernetzung erhöht die Biegefestigkeit und die Wärme- festigkeit. Derart gehärtetes Polyäthylen wird in den USA als Irrathene auf den Markt gebracht. Infolge seiner vergrößerten Härte und Wärmebeständigkeit wird es z. B. zur Isolation von Kabeln benutzt. Bei Plexiglas läßt sich nach der Abspaltung von Wasser- stoffatomen durch Tempem ein schaumartiges Material erzeugen. Kürzlich wurde von Dunlop in England ein Bestrahlungslaboratorium für Gummi und Kunststoffe eröffnet. Zwar ist die für die Vernetzung von Gummi nötige Dosis — 1 bis 5×10^7 rad — recht hoch, aber die dabei geschaffenen C-C-Bindungen sind stabiler als die S-Bindungen bei der gewöhnlichen Vulkanisie- rung, und dickes Material läßt sich gleichmäßiger vul- kanisieren. Auch für die Baustoffindustrie kann die Erhöhung des Elastizitätsmoduls von Kunststoffen von Bedeutung werden. Eine weitere wichtige Anwendung ist die Herstellung eines Pfropfpolymerisats „Teflon“, das klebfähig ist und sich anfärben läßt.

H. Biologische Wirkungen

Zuletzt wollen wir uns mit der biologischen Wir- kung beschäftigen. Die wichtigste biologische Anwen- dung energiereicher Strahlung ist die medizinische Therapie. Je nach Tiefe verwendet man Röntgen-, Gamma- oder auch Elektronenstrahlen. Die Röntgen- therapie ist so bekannt, daß es sich erübrigt, an dieser Stelle näher darauf einzugehen. Die Gamma-Therapie hat einen großen Aufschwung dadurch erfahren, daß man das seltene und daher teure Radium durch radio- aktives Kobalt (Co 60) ersetzt hat. Strahlungsquellen von mehreren 100 Curie Co 60 sind heute schon an zahlreichen Kliniken und anderen Stellen in Benutzung. Eine vielversprechende Variante ist die Therapie mit radioaktiven Isotopen. Gewisse Elemente reichern sich an ganz bestimmten Stellen des Körpers an. Dadurch ist es möglich, die Strahlungsquellen dorthin zu brin- gen, wo eine Bestrahlung von Krankheitsherden er- wünscht ist.

Eine andere wichtige biologische Anwendung, die für die Menschheit von großer Bedeutung werden und zum Aufbau einer großen Industrie führen kann, ist die Konservierung von Nahrungsmitteln mit Hilfe von energiereicher Strahlung. Durch Einwirkung relativ niedriger Dosen von energiereicher Strahlung kann z. B. die Auskeimung von Kartoffeln verhindert werden. Die erforderlichen Dosen sind so klein, daß die Behandlung solcher Nahrungsmittel mit energiereicher Strahlung für die Gesundheit vermutlich unschädlich und auch wirt- schaftlich ist. Allerdings müssen etwaige Nebenwir- kungen erst noch untersucht werden. Es sind schon transportable Bestrahlungsanlagen entwickelt worden,

welche mit 4 Curie Co 60 bei einer Dosis von 12 000 rad 15 t Kartoffeln je Tag zu behandeln gestatten. Die Behandlungskosten für 1 Pfund betragen einen halben Cent. Dieser Preis spielt dann keine Rolle, wenn die an verschiedenen Orten laufenden Versuche die Unschäd- lichkeit dieser Behandlung erwiesen haben und es dar- auf ankommt, hochwertige Nahrungsmittel absolut sicher für längere Zeit aufzubewahren oder in entlegene Gegenden zu versenden, und die Transportkosten einen wesentlichen Anteil betragen. In Rußland wird die Bestrahlung von Kartoffeln in großem Umfang durch- geführt, und die bestrahlten Produkte sind zur Ver- wertung freigegeben.

Energereiche Strahlung kann in der Schädlings- bekämpfung von großem Nutzen sein, z. B. werden die Eier von Mehlwürmern und die Larven von Trichi- nen durch Einwirkung relativ geringer Dosen steril. Man denkt daran, das Korn nach der Ernte zu behan- deln und in trichinenverseuchten Ländern das Schweine- fleisch mit Hilfe dieser Methode genießbar zu machen.

Schon jetzt wird die Kaltsterilisierung von pharma- zeutischen Produkten durch energiereiche Strahlung an- gewandt. Die Bestrahlungskosten spielen bei so hoch- wertigen Produkten keine so große Rolle. In den USA werden von einigen Firmen schon durch Bestrahlung sterilisierte Medikamente und Verbandstoffe angeboten. Vor allem kann diese Methode für die Sterilisierung von Antibiotika wichtig sein, die nicht warm werden dürfen.

Tabelle 3. *Einwirkung schneller Neutronen*

rad	Neutronen/ cm ²	
10 ²	10 ¹¹	Bedenklich für den Menschen
10 ³	10 ¹²	Tödlich für den Menschen
10 ⁴	10 ¹³	{ Glas: Verfärbung Keimungshinderung
10 ⁵	10 ¹⁴	Merkliche Einwirkung auf Germanium
10 ⁶	10 ¹⁵	Sterilisierung von Nahrungsmitteln
10 ⁷	10 ¹⁶	{ Beginn der Vernetzung von Kunststoffen Desaktivierung von Enzymen Flüssigkeiten: Beginn d. Gasentwicklung
10 ⁸	10 ¹⁷	Butylgummi: Erweichung
10 ⁹	10 ¹⁸	{ Naturgummi: Verhärtung Metalle: Verfestigung
10 ¹⁰	10 ¹⁹	Polystrol: Unbrauchbar als Bauelement
10 ¹¹	10 ²⁰	{ Keramik: Verminderung der Wärmeleit- fähigkeit und dichte Kohlenstoff-Stähle: Verminderung der Plastizität Kunststoffe: Alle unbrauchbar als Bau- elemente
10 ¹²	10 ²¹	{ Aluminium-Legierung: Schwache Ver- minderung der Plastizität

VII. Schlußbetrachtung

Es ist nützlich, sich zuletzt nochmals an Hand der Tabelle 3 einen Überblick über die Einwirkung energie- reicher Strahlung auf Materie zu verschaffen. Die darin zum Ausdruck kommende Reihenfolge der Schädigung verschiedener Stoffarten gilt für schnelle Neutronen und für schwere geladene Teilchen, wie Protonen, jedoch nicht für Elektronen-, Röntgen- und Gamma-Strahlung, da dann die Effekte wegfallen, die auf der Änderung

der Gitterstruktur beruhen. Am empfindlichsten sind die höchsten Lebewesen. Für sie sind schon 10^3 rad bei Ganzkörperbestrahlung tödlich. In großen Zügen gilt: je primitiver der Bau, desto strahlenresistenter. Für die Strahlungsbeeinflussung der Kunststoffe sind 10^6 rad und mehr nötig, für Metalle noch um zwei Zehnerpotenzen höhere Dosen.

Heute ist es kein Problem mehr, hohe Strahlungsleistungen auch wirtschaftlich zu erzeugen. Bei den Kernreaktoren fallen sie von selbst an. Wenn es auch

erst wenige industriell in größerem Maße genutzte Möglichkeiten gibt, wie die Kaltsterilisation, die Kunststoffveredlung, besonders von Polyäthylen, und die Herstellung besonderer Pfropfpolymerer mit besonders günstigen Eigenschaften, so hat doch kürzlich die Konferenz der International Atomic Energy Agency in Warschau über die Anwendung intensiver Strahlenquellen in der Industrie gezeigt, daß die Anwendung energiereicher Strahlung das Tor zu einem Gebiet aufgestoßen hat, dessen Umfang wir heute noch nicht abschätzen können.

Das Atomenergiekraftwerk Chapelcross

Von W. JACOBI, Berlin

Mit 2 Textabbildungen

Das Atomkraftwerk Chapelcross dient wie Calder Hall in erster Linie der Plutoniumherzeugung¹⁾. Elektrischer Strom wird als Nebenprodukt gewonnen. Die Atomkernenergieanlage ist für vier Reaktoren mit Druckgaskühlung (CO_2) und Graphitmoderation ausgelegt. Das Kraftwerk besitzt bei Vollausbau eine installierte Leistung von insgesamt 184 MW, die auf acht Turbogeneratoren von je 23 MW entfallen. Die Anlage wurde im Mai d. J. dem Betrieb übergeben, nachdem der erste Reaktor seit Februar d. J. arbeitet. Die übrigen

Calder Hall errichtet, das bei Dampfzuständen von rund 400°C und 35 atü arbeitet. Die Anordnung der Atomkraftanlage zeigt Abb. 1. Die Reaktoren sind in Reihe projektiert. Jeder Reaktor besitzt vier Wärmeaustauscher. Zu jedem Reaktor gehören vier Gebläse (eines je Austauscher). Zwölf Einheiten sind in drei Gebläsehäusern untergebracht, die mit den vier Reaktorgebäuden verbunden sind. Die übrigen vier Gebläse, zwei von Reaktor 1 und zwei von Reaktor 4, sind in diesen Endhäusern montiert.

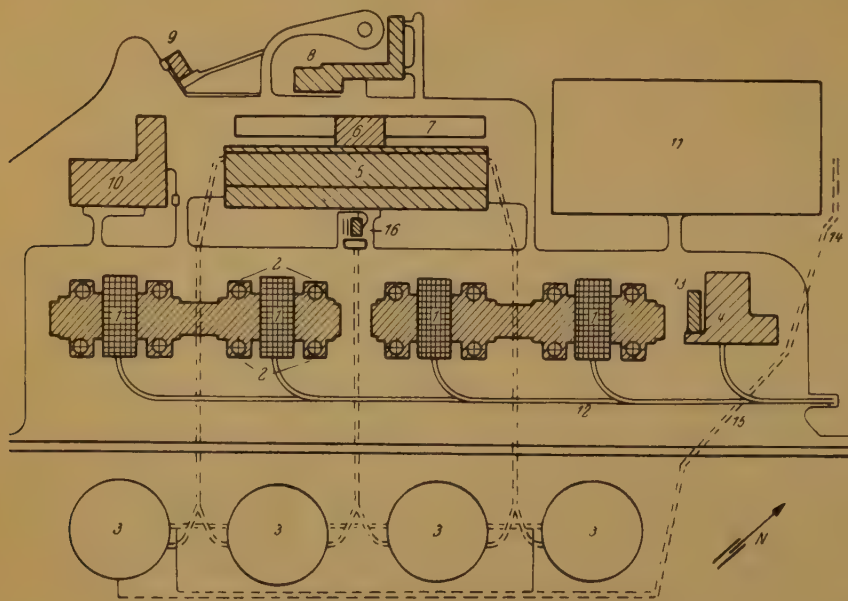


Abb. 1. Die Auslegung des Atomenergiekraftwerkes Chapelcross

- | | | |
|--------------------|---|---|
| 1 Reaktoren | 7 Transformatoren | 13 Entgiftungsanlage |
| 2 Wärmeaustauscher | 8 Verwaltungsgebäude | 14 Kühlwassereintritt |
| 3 Kühltürme | 9 Zufahrt | 15 Hauptrohr |
| 4 Wasserspeicher | 10 Werkstätten | 16 CO_2 -Speicherung und Verdampfung |
| 5 Turbinenhalle | 11 Schaltanlage | |
| 6 Warte | 12 Schienenverbindung zum Speicherteich | |

gen drei Reaktoren werden in Abständen noch in diesem Jahr in Dienst gestellt. Als Ausbaukosten wurden 4 Millionen £ veranschlagt¹⁾.

Dieses Kraftwerk wurde nach dem Muster von

¹⁾ The Engineer, Vol. 207, No. 5389, May 8, 1959, p. 716/19; Atomic World, Vol. 10, No. 6, June 1959, p. 231/39.

Die Reaktoren 2 bis 4 erhalten über die Calder Hall-Konstruktion hinaus auswechselbare Graphitmuffen in alle Brennstoffkanäle, um für die durch die Bestrahlung des Graphitmoderators aufgespeicherten Energien und die damit verbundenen Bestrahlungsgefahren (Wigner-Effekte) eine Lösung zu bringen. Die Graphitmuffen sind so ausgeführt, daß ein kleiner Spalt für Kühlluft zwischen ihnen und der Graphitmenge besteht, der zugleich eine Sicherung gegen Temperaturerhöhung der Graphitmenge und gegen Eigenglühen bildet. Reaktor I verwendet die bisherige Buchsenausführung.

Chapelcross verfügt im Gegensatz zu Calder Hall über einen eigenen Speicherteich von 5,5 m Tiefe und rund 1 820 m³ Wassereinhalten für bestrahlte Brennstoffelemente. Diese vorhandene Speicherkapazität kann eine Anzahl Elemente aufnehmen, die zur Beschickung von drei Reaktoren ausreichen. Der bestrahlte Brennstoff wird in Standardbehältern zu je

24 Patronen zum Speicher gebracht, um dort während einiger Monate gefahrlos zu zerfallen. Der Speicherteich vermeidet Transportverzögerungen und damit Reaktorausfälle und erleichtert das Transportproblem. Neubeschickungszeiten bedeuten immer Reaktorausfallzeiten. Der Wasserspeicher fördert also den natürlichen radioaktiven Zerfall der bestrahl-

ten Brennstoffelemente. Jeder Zerfall erleichtert die Schutzprobleme, die mit allen nachfolgenden Behandlungsvorgängen in Verbindung stehen. Die abgeklungenen Brennstoffelemente werden später zur Neuaufbereitung in das Plutoniumwerk Windscale²⁾ zurückgegeben. Diese Speicheranlage ist mit den erforderlichen Hebezeugen ausgerüstet. Die Wasserversorgung von Chapelcross erfolgt aus dem Black Esk River.

Der Aufbau der Chapelcross-Reaktoren wird durch Abb. 2 wiedergegeben. Das zylindrische Druckgefäß ist geschweißt, hat rund 5,0 cm Wandstärke, einen Arbeitsdruck von 7 atü, einen Durchmesser von 11,3 m sowie eine Gesamthöhe von 21,75 m. Das Druckgefäß besitzt einen Zugangsdeckel von 3,7 m im Bodenteil. Die Öffnungen der vier Eintrittsrohre (1,37 m) wurden auf einen Durchmesser von 0,93 m begrenzt, um die Beanspruchungen in annehmbaren Grenzen zu halten. Zur Vermeidung von Verstärkungsplatten wurde eine Wandstärke von 11,4 cm gewählt, um die beste radiographische Prüfung zu ermöglichen. 112 Laderohre sind in den oberen Gefäßboden eingesetzt. Außerdem sind Öffnungen für die Probeausrüstung, die Thermoelementrohre, Meß- und Sehhohre vorhanden.

Zwischen Moderator und Druckgefäß ist oberhalb des Stützgitters eine Sperre eingesetzt, damit das Gas auch die Kühlkanäle durchströmt. Um die Gasströmung zu unterstützen, wurden Profilierungen in die äußeren und inneren Sammelkammern sowie unter den Stützgittern angeordnet.

Der Graphitmoderator mit Ausrüstung, der etwa 1 400 t wiegt, wird von einem Gitterrahmen getragen, dessen Enden auf T-Trägern sitzen. Das Gitter besteht aus 20 Stützen, die in gleichmäßigen Abständen rund um das Gefäß angeordnet und an die mit dem Boden verankerten Halteplatten angeschweißt sind. Die Last wird durch die Gefäßwand auf eine angemessene Anzahl von Außenstützen übertragen, die auf Rollenlagern ruhen.

Die Druckgefäße wurden in fünf Stufen auf dem Bauplatz montiert. Diese bestanden in der Montage des Bodens (57 t), des unteren Zylinderteils (98 t), des oberen Zylinderteils mit Austrittskanälen (75 t), des Moderatorgitters (36 t) und des oberen Gefäßabschlußbodens (96 t).

Die Grundplatte für den Graphitkern besteht aus

²⁾ Das Plutoniumwerk Windscale liegt rund 120 km südlich von Chapelcross in Westschottland.

69 Stahlplatten von je 10,2 cm Stärke und rund 1 t Gewicht. Die Plattenoberfläche ist bearbeitet, um eine genaue Niveaufäche für den Aufbau des Graphitkerns zu schaffen. Der Graphitkern ist 8,2 m hoch und mißt 11,0 m im Durchmesser, der aus 58 000 Graphitziegeln und Fliesen besteht. Als Kerngewicht werden 1 200 t genannt.

Die Gesamtbeschickung des Reaktors beträgt rund 130 t Natururan. Das Brennstoffelement ist rund 1 m lang, hat einen Durchmesser von 2,9 cm, ein Gewicht von 12,7 kg. Die Brennstoffbehälter bestehen aus einer Magnesiumlegierung „Magnox“. Die Regelstäbe zur Steuerung des Neutronenflusses bestehen aus nicht-rostendem Stahl mit 3 bis 4 v. H.-Borstahlhülsen. 60 Regelstäbe sind für den Reaktor vorgesehen, 48 genügen für den normalen Betrieb.

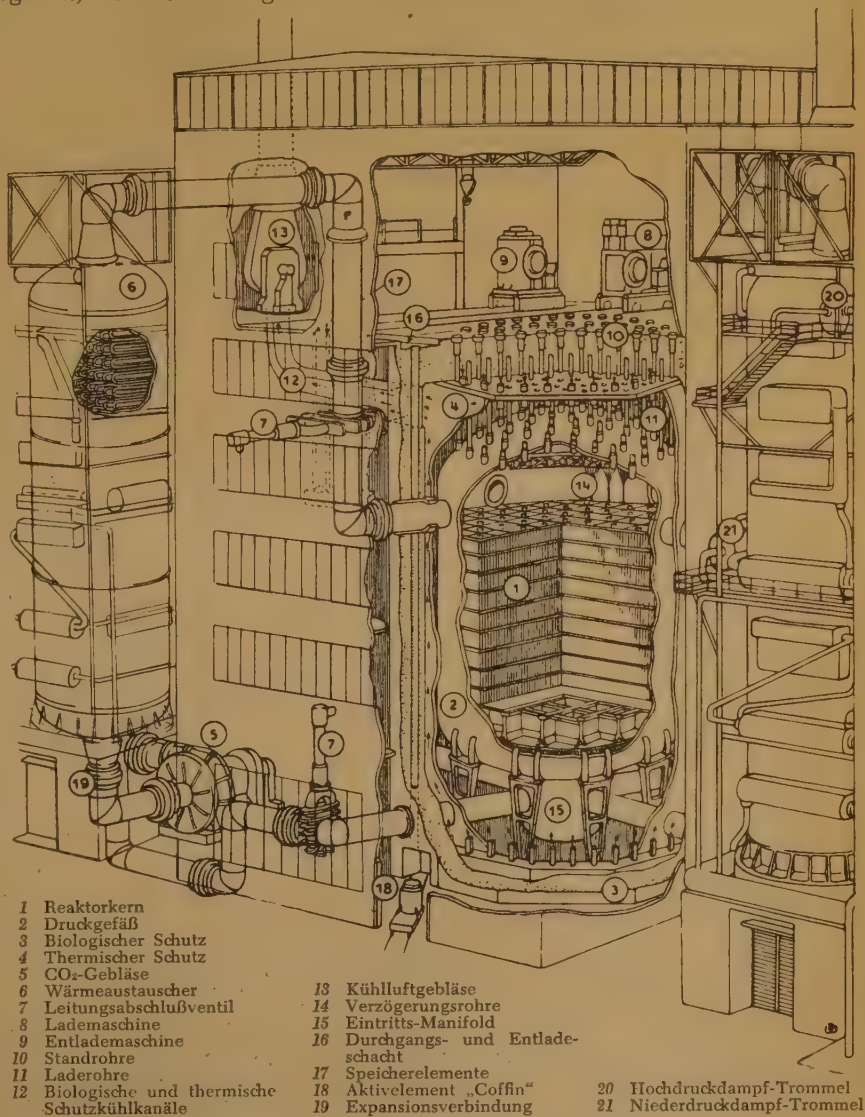


Abb. 2. Ein Chapelcross-Reaktor

An das Druckgefäß schließt sich ein Wärmeschutz von 15,2 cm Stärke an, der aus Flußstahlplatten besteht. Der biologische Betonschutz ist achteckig ausgeführt, hat eine Wandstärke von 2,1 m, eine Höhe von 27,5 m, der Außendurchmesser paralleler Flächen beträgt 18,3 m.

Energiewirtschaftlicher Kurzbericht

Vom 11. bis 16. Mai v. J. veranstaltete die OEEC in Stresa eine Kernenergiekonferenz. Etwa 500 Delegierte aus 17 europäischen Ländern, den USA und Kanada nahmen an der Konferenz teil. Österreich war durch insgesamt neun Herren vertreten.

Die Konferenz beschäftigte sich mit Fragen der Organisation, der Wirtschaftlichkeit, mit juristischen Fragen und solchen der technischen Marktlage. Bezüglich der Verwendung der nuklearen Energie für die allgemeine Elektrizitätsversorgung konnte man eine gewisse Zurückhaltung bemerken, obwohl betont wurde, daß die weitere zielgebundene Forschung ein unmittelbares Gebot der Zeit sei.

Im folgenden werden kurz die besonders interessant erscheinenden Ergebnisse angeführt:

1. Organisationsfragen. Es sprachen CORTINES (Spanien), MILEIKOWSKY (Schweden), SCHULLER (Deutschland), SAYERS (Großbritannien), ROBBINS (USA) und SCHMIDT (Schweiz). Wichtig ist der Unterschied zwischen traditioneller Industrie und der Atomtechnik. Die Unterschiede sind wohl nicht allzu groß. In der Atomtechnik werden erstmals in den verantwortlichsten Positionen reine Wissenschaftler eingesetzt. Der Anteil hochqualifizierter Mitarbeiter, die im überwiegenden Maße als Individualitäten anzusehen sind, ist größer als in der traditionellen Industrie. Das durchschnittliche Alter verantwortlicher Männer ist relativ gering. Hieraus folgt: die Bedachtnahme auf wirtschaftliche Fragen, wie sie in der traditionellen Technik gehandhabt werden, ist sehr gering. Es besteht auf dem Sektor der Atomtechnik heute noch die Tendenz zu unwirtschaftlichen Ausführungen, zu unnötiger Überentwicklung, oder wie Mr. Robbins sagte, gelegentlich zu „Technischen Spielereien“. Diese Entwicklung ist in die traditionellen Wege der Wirtschaft und der Technik überzuleiten, wozu eine wohlüberlegte Organisation notwendig sei. Schwierig ist hierbei der Umstand, daß man es auf der einen Seite mit hochspezialisierten Individualitäten zu tun habe, von denen man ja gerade persönliche Leistungen erwartet, auf der anderen Seite das übliche Management sichergestellt sein soll, und daher diese Kreise gelegentlich von kaufmännischen, jedenfalls häufig von nicht auf dem Gebiet der Atomphysik geschulten Menschen geführt werden müssen. Als wesentlicher Unterschied wurde erkannt, daß bei der Atomtechnik eine konkrete, scharf umrissene Zielsetzung heute noch fehlt. Sei es, weil den führenden Kreisen die notwendige Erfahrung über die wirtschaftlich-technische Auswirkung noch fehlt, oder weil der ganze Fragenkomplex stark in Fluß ist.

Auf dem Sektor der Atomtechnik kann man heute nur von einem künstlichen Markt sprechen, dies insofern, als heute noch der industrielle Erzeuger von Atomanlagen maßgebend ist und nicht die Nachfrage seitens der Konsumenten. Man nimmt jedoch an, daß sich in relativ kurzer Zeit die Lage ändert und die Wünsche des Käufers maßgebend sein werden. Es ist z. B. zu erwarten, daß für die öffentlichen EVU nur Anlagen ab 100, vielleicht sogar ab 200 MW von Interesse sein werden. Es wurde der Industrie empfohlen, sich mit diesen Aufgaben zu beschäftigen, da das Interesse für Forschungsreaktoren oder spezielle Reaktoren kleiner Leistung bestimmt zurückgehen wird. Reine wirtschaftliche Überlegungen werden dann zur Wahl der Type führen.

Die hohen Investitionsmittel erfordern nicht nur die Beteiligung des Staates, sondern sogar eine internationale Koordination. Es machten sich Stimmen bemerkbar (Schweiz), die warnten, die Organisation zu groß aufzuziehen.

Schwierigkeiten ergeben sich bei der Finanzierung eines Projektes durch den Staat für den Einkäufer, da Bindungen geschaffen werden, die die Bestellung nach den Regeln des freien Marktes unter Umständen unmöglich machen.

2. Wirtschaftlichkeit und Marktlage. Der deutsche Referent hat die derzeit „wahrscheinlichsten“ AtomkWh-Preise errechnet (s. nachfolgende Tabelle).

Angenommen wurde: 150 MWe Stationen mit 6 000 h/a betrieben, Kapitalsdienst 13 %.

Reaktortype	Groß- britannien	Leichtwasser A	B	OMR	Ruhrkohlen- station am Kohlenfundort
Fixe Kosten in g/kWh	35,1	30,4	23,4	22,4	10,7
Brennstoff- kosten in g/kWh	8,6	13,5	10,1	11,7	15,4
Erzeugungs- kosten in g/kWh	43,7	43,9	33,5	34,1	26,1

2. Spalte Kostenaufschlüsselung für ein englisches Atomkraftwerk der Calder-Hall-Type, 3. Spalte A Kostenaufschlüsselung für einen Leichtwasser-moderierten und gekühlten Reaktor der Type PWR oder BWR, zur Gänze in Amerika hergestellt, 4. Spalte B, alles auf die gleiche Reaktortype bezogen, wobei aber die Gesamtherstellung in Deutschland erfolgt. Spalte 5 enthält die Kostenaufschlüsselung für ein Atomkraftwerk mit organisch moderiertem Reaktor, Spalte 6 Vergleichsziffern für ein konventionelles Ruhrkohlenkraftwerk.

Belgien schloß sich diesen Preisberechnungen an, in Kanada sind die Gesteungskosten der kWh aus dem Schwerwasser-Druckröhrenreaktor nur etwa 16 bis 20 g.

Der europäische Westen verfügt über eine Brennstoffreserve von etwa 2 Mio t Brennstoffrohmaterial. Die Forschungen nach neuen Vorkommen sollen Aussichten auf die Verdoppelung der Gesamtreserven auf 4 Mio t eröffnen.

Die weiteren Reaktormaterialien (Graphit, schweres Wasser, Zirkon, Beryllium, Hafnium, bestimmte seltene Erden) sind in genügender Menge vorhanden. Ebenso sind die Verarbeitungsbetriebe und Verarbeitungsprozesse genügend weit fortgeschritten.

3. Juridische Fragen. Nach Prof. KAUFMANN (Schweiz) verlangt die Atomwirtschaft wegen der umfangreichen notwendigen Forschung usw. zweifelsohne die aktive Mitarbeit des Staates. Ob man die Atomwirtschaft staatlich (Frankreich, England) oder privatwirtschaftlich (Deutschland, Schweiz, Belgien, Italien) aufziehen soll, ist noch nicht geklärt. Auf jeden Fall muß das Polizeirecht von der Verwaltung gehandhabt werden (Sicherheit und Überwachung der friedlichen Verwertung der Atomenergie). Die Verwaltung muß in Hinkunft imstande sein, hinreichend technisch-wissenschaftlich geeignetes Personal einzustellen. Die Verwaltungsaufgaben fordern die Zusammenfassung in einer zentralen Verwaltungsstelle. Die Frage, ob der Staat der Träger der Atomwirtschaft sein solle, läßt sich heute noch nicht eindeutig beantworten. Jedoch sprechen die bisherigen Erkenntnisse entschieden dafür, daß eine gemischte Wirtschaft Staat—Privatwirtschaft wohl die beste Lösung darstellen dürfte. Entsprechend der Lösungsform wird in einem Fall, wenn der Staat die Lenkung übernimmt, für ein Kraftwerk eine Konzession erteilt werden, d. h. es kann gegebenenfalls dem Wunsche einer privaten Stelle stattgegeben werden, oder wenn man die privatwirtschaftliche Auffassung teilt: eine Bewilligung, d. h. sobald gewisse festgelegte Bedingungen erfüllt sind, muß die Bewilligung erteilt werden. Den letztgenannten Weg geht man in der Schweiz und in Deutschland. Der Handel mit Brennstoffen muß staatlich gelenkt werden und hier sei Euratom als „Völkerrechtliche Buchhaltung“ zu bezeichnen. Auf Grund der in Europa üblichen Rechtslage bezüglich der Verwaltungsgesetze sei es jedoch durchaus nicht notwendig, daß der atomare Brennstoff Eigentum des Staates bleibe, wie sich dies im angelsächsischen Recht als notwendig ergab.

Abschließend warnte Prof. Kaufmann davor, in Ermangelung passender neuer, veraltete Paragraphen anzuwenden, die auf dieses spezielle Gebiet nicht zugeschnitten sind. Man müsse sich die nötige Geschmeidigkeit wahren, da die Frage der Gesetzgebung auch eine Frage der Erfahrung sei und letztere derzeit noch fehle.

W. E., W. K.

Der Halden-Siedewasserreaktor

Von Dr. HEINZ SCHMIDL, Halden (Norwegen)

Mit 10 Textabbildungen

Der Halden-Reaktor, der in diesem Jahr seiner Erprobung entgegengeht, verdient in zweifacher Hinsicht besonderes Interesse. Erstens ist er in seiner technischen Anlage einmalig, zweitens wird seine Inbetriebsetzung nicht von einem nationalen Team durchgeführt. Letzteres erfolgt vielmehr durch eine international zusammengesetzte Arbeitsgemeinschaft, im Rahmen einer internationalen Organisation. An den Erfahrungen, die hier gesammelt werden, nehmen alle beteiligten Länder teil, was sicher erstmalig sein dürfte. Die internationale Zusammenarbeit bewährt sich ausgezeichnet und wird bereits in einem anderen Projekt, dem sogenannten „Dragon-Projekt“, sicherlich mit viel Erfolg durchgeführt.

Im folgenden soll nun sowohl der organisatorische wie auch der technische Aufbau der Anlage geschildert werden.

1. Das OEEC-Programm zur Förderung der Anwendung der Kernenergie für friedliche Zwecke

Im Jahre 1954 berichtete eine Experten-Kommission der OEEC, daß 1975 ein Energiedefizit von 40 Mio t Äquivalent-Kohle bestehen wird, wenn man annimmt, daß sich innerhalb zehn Jahren bei gleichbleibender Kohlenförderung der Energieverbrauch in Europa verdoppelt.

Damit schien eine gemeinsame Organisation der europäischen Länder zur Ausbeutung der Kernenergie erforderlich. Zehn Länder als Mitglieder der OEEC, unter auch Österreich, gründeten daher am 17. Dezember 1957 die „Agence Européenne pour l'Energie Nucléaire“ (ENEA). Außerdem soll eine internationale Kontrolle dafür garantieren, daß diese Aktion keinerlei militärischen Zielen dient.

Die Aufgaben der ENEA sind, kurz umrissen, folgende:

a) Das Wichtigste ist die Förderung des Reaktorbaues in Europa in jenen Fällen, in denen die erforderlichen finanziellen Anstrengungen sowie die aufscheinenden technischen Schwierigkeiten oder die vorhandenen Risiken eine gemeinsame Aktion notwendig erscheinen lassen.

b) Durch einen Gesamtüberblick über die verschiedenen Programme der Mitgliedsstaaten soll eine bessere Koordinierung derselben erreicht werden. Dadurch kann jede Doppelarbeit vermieden werden. Die Entwicklung innerhalb der Länder soll in die Richtung gelenkt werden, die am besten den wirtschaftlichen Bedürfnissen sowie den technischen und industriellen Möglichkeiten der Mitgliedsstaaten entspricht. Dazu dient vor allem

ein gegenseitiger Informationsaustausch, den die ENEA vermittelt.

c) Eine vordringliche Aufgabe der ENEA ist, die Voraussetzungen in wirtschaftlicher, juristischer und sozialer Hinsicht für die Erzeugung von Kernenergie zu schaffen. Es ist unter anderem zu befürchten, daß innerhalb der nächsten Jahre dem Industriezweig, der zur Entwicklung der Kerntechnik beiträgt, nicht genügend Spezialisten zur Verfügung stehen. Um dem vorzubeugen, werden internationale Kurse für Spezialisten der Länder der ENEA in Harwell, Saclay oder in Kjeller abgehalten.

Im Rahmen der ENEA wurden zwei Reaktorprojekte für eine gemeinsame Aktion ausgewählt. Das Eine ist das sogenannte „Dragon“-Projekt, bei dem es sich um einen gasgekühlten Hochtemperatur-Reaktor handelt. Sein Bau wird in England erfolgen. Das zweite Projekt, auf das hier näher eingegangen werden soll, ist das Halden-Projekt in Norwegen.

Im Jahre 1955 begann das norwegische Institut für Atomenergie den Bau eines Siedewasser-Reaktors in Halden, der 1958 vollendet wurde. Am 11. Juni 1958 wurde zwischen den norwegischen Bevollmächtigten, dem Euratom sowie einigen Mitgliedsstaaten der OEEC (Dänemark, England, Schweden, Schweiz und Österreich) die gemeinsame Ausbeutung des Halden-Reaktors beschlossen. Die Unterzeichner des Abkommens erklärten sich bereit, ein gemeinsames Forschungs- und Versuchsprogramm für die nächsten drei Jahre ab Juli 1958 aufzustellen. Sie beteiligen sich in technischer Hinsicht durch Stellung von Experten und finanziell am Betrieb des Reaktors. Der Aufwand für diese drei Jahre wurde mit rund 3,66 Millionen Dollar veranschlagt. Auch wurde die Mitarbeit von Konsulenten aus den USA ermöglicht. Der Reaktor bleibt Eigentum des norwegischen Instituts für Atomenergie.

Zur Aufstellung des Forschungs- und Versuchsprogrammes wurde das „Halden-Komitee“ gegründet, das aus Vertretern der beteiligten Länder besteht. Dieses Komitee genehmigt alljährlich die diesbezüglichen Vorschläge des Institutes. Die „Technische Gruppe Halden“ unterstützt das „Halden-Komitee“ bei der Aufstellung des gemeinsamen Programmes und überwacht dessen Durchführung. Das Institut besorgt im Einvernehmen mit der „Technischen Gruppe Halden“ die verwaltungsmäßige und technische Leitung der Arbeiten.

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung sowie die beim Betrieb gemachten Erfahrungen werden den zuständigen Stellen der beteiligten Länder zur Verfügung gestellt. Nach Ablauf dieser drei Jahre besteht die Möglichkeit, das Abkommen zu verlängern.

2. Die Organisation des Haldenprojektes

Der organisatorische Aufbau des Haldenprojektes ist aus zwei Gründen interessant. Erstens handelt es sich nicht um ein normales Kraftwerk, sondern um einen Atomenergiereaktor, zweitens ist die Anlage eine ausgesprochene Versuchsstation. Daher kommt zum normalen Betriebspersonal noch zusätzliches Personal hinzu, das die Experimente plant, durchführt und schließlich auswertet. Dadurch ergibt sich die hohe Zahl der erforderlichen akademischen Fachkräfte. Die Anlage ist von Anfang an so gebaut, daß leicht Änderungen vorgenommen werden können, die recht umfangreich sein können, wie später ersichtlich sein wird.

Die folgenden Zahlenangaben betreffen den Stand vom Dezember 1959. Eine Steigerung der Mitarbeiterzahl im Hinblick auf die Leistungsexperimente hat sich als notwendig erwiesen und ist auch im Laufe des Jahres 1960 vorgesehen.

Von den Institutsangehörigen sind:

norwegische Akademiker	19	
nicht-norwegische Akademiker	15	
Das sind insgesamt	34	Wissen-
		schafter.

Dazu kommen an Technikern und Operateuren	27	
und sonstigen Hilfskräften	39	
Somit besteht das gesamte Personal aus	100	Angestellten u. Arbeitern.

Die verschiedenen Abteilungen sind ihrem Arbeitsgebiet entsprechend in drei Sektionen zusammengefaßt.

1. Sektion: Verwaltung und angegliederte Abteilungen.

An der Spitze steht der Direktor des Institutes, der der Hauptverantwortliche gegenüber dem „Halden-Komitee“ und der „Technischen Gruppe Halden“ ist. Sein Mitarbeiterstab besteht aus seinem Stellvertreter, aus einem wissenschaftlichen Konsulenten, von der USAEC gestellt, sowie aus einem technischen Sekretär und zwei Sekretärinnen.

Angegliedert sind das Sekretariat und die Abteilung für Gesundheitsüberwachung. Das Sekretariat ist für die normale Verwaltung zuständig und behandelt die Personal- und Lohnfragen. Außerdem befaßt es sich mit der Beschaffung von Wohnungen für die Angestellten, und anderes mehr. Die Arbeit wird von drei Beamten und neun Angestellten geleistet.

Besonders wichtig ist die Abteilung für die Gesundheitsüberwachung. Sie ist verantwortlich für die Einhaltung des Strahlungsschutzes innerhalb und in der Umgebung der Reaktoranlage. Solange der Reaktor nicht auf volle Leistung kommt, und somit die Gefahr einer radioaktiven Verseuchung gering ist, ist die Abteilung mit Messungen des „Background“ vollauf beschäftigt. Die Abteilung setzt sich zusammen aus einem Physiker, einem Techniker und zwei Hilfskräften.

2. Sektion: Versuch und Entwicklung.

Hier liegt eigentlich der Schwerpunkt der Organisation, da vor allem die hier erzielten Resultate den Bau der Anlage rechtfertigen sollen. In dieser Sektion sind drei Abteilungen zusammengefaßt:

1. Abteilung für Reaktorphysik: Die Aufgaben dieser Abteilung umfassen einerseits die Planung, Durchführung und Auswertung der am Reaktor durchzuführenden Experimente physikalischer Natur. Andererseits werden hier Reaktorschutzprobleme, Reaktorkernberechnungen und die verschiedenen Berechnungen, die als Grundlage für die Untersuchungen in anderen Abteilungen dienen, durchgeführt. In dieser Abteilung sind tätig:

- 6 Physiker
- 4 Techniker sowie
- 3 Rechenkräfte und
- 1 Sekretär.

2. Abteilung für Kontrolle, Regelung und Messung: Die Tätigkeit dieser Abteilung ist sehr umfassend und verlangt Spezialisten aus den verschiedensten Gebieten.

Sie ist verantwortlich für die Planung, Entwicklung und auch für die Durchführung der Leistungsregelung, die in der ursprünglichen Anlage noch nicht vorhanden war. Weiter müssen allgemeine Regelanlagen innerhalb der Anlage, die mit dem Reaktor direkt nichts zu tun haben, wie Temperatur, Durchflußregelungen, ausgebaut werden. Das bedingt die Planung, den Einbau und die Eichung der betreffenden Meßinstrumente, ob diese nun zur Messung kernphysikalischer Größen dienen wie z. B. Zählgeräte, oder allgemein zur Temperatur-, Durchflußmessung von Dampf, Wasser oder zur Wasserspiegelmessung im Reaktorkessel und anderen Behältern dienen.

Die Leistungsversuche werden später durch eine Analyse der Reaktordynamik ergänzt. Diese soll unter anderem die Stabilitätsgrenzen der Reaktortype festhalten. Dazu sind vor diesen Versuchen am Reaktor Berechnungen an einem oder mehreren Reaktormodellen in Form von Differentialgleichungssystemen oder Blockschaltbildern notwendig. Die Durchrechnung geschieht mit Analogie- und Digitalrechenmaschinen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen erleichtern die Durchführung der Leistungsversuche, da sie gestatten, das Verhalten des Reaktors vorher abzuschätzen. Andererseits ermöglichen die experimentellen Versuche eine Korrektur der Modelle und somit ein klares Verständnis für das dynamische Verhalten der Reaktoranlage. Für diese Aufgaben sind

- 8 akademische Ingenieure
- 4 Techniker und
- 1 Rechenkraft

vorhanden.

3. Sektion: Ingenieurwesen und Betrieb

Hier sind drei Abteilungen zusammengefaßt.

1. Abteilung für Ingenieurwesen: Das Arbeitsgebiet umfaßt den Maschinenbau, die Metallurgie und Chemie. Hier wird die Planung aller Änderungen der ursprünglichen Anlage vorgenommen, soweit es die oben angeführten Gebiete betrifft. Im Hinblick darauf, daß es sich beim Haldenreaktor um einen Experimental-Kraftwerksreaktor handelt, können diese Änderungen beträchtlich sein. Außerdem werden in dieser Abteilung auch hydrodynamische und Wärmeübertragungs-Experimente geplant. Diese Arbeiten werden von

- 7 akademischen Ingenieuren
- 5 Technikern und
- 1 Hilfskraft

durchgeführt.

2. Abteilung für den Reaktorbetrieb in experimenteller Hinsicht. Diese Abteilung führt das experimentelle Programm an der Reaktoranlage, soweit es maschinenbauliche Fragen betrifft, durch. Auch werden die Versuche ausgewertet. Beschäftigt sind damit

6 akademische Ingenieure.

3. Abteilung für Reaktorbetrieb: Diese ist verantwortlich für den normalen Betrieb der Anlage, und für das Laden und Entladen der Brennstoffelemente, also auch für alle Routinearbeit am Reaktor, während dieser abgeschaltet ist. Das Personal dieser Abteilung besteht aus:

- dem Betriebsleiter und dessen Stellvertreter,
- 11 Technikern und
- 20 Hilfskräften.

Zusammenarbeit mit Kjeller

Das norwegische Zentrum für Atomforschung befindet sich in der kleinen Ortschaft Kjeller, rund 20 km von Oslo entfernt. Es sind dort größere Laboratorien und eine große Bibliothek vorhanden, außerdem eine Analogierechenmaschine und ein Digitalrechnergerät. Alle diese Anlagen, besonders aber die Analogierechenmaschine, stehen für das Haldenprojekt zur Verfügung. Weiter arbeiten verschiedene Abteilungen in Kjeller in konsultativer Weise für Halden. Es sind derart beschäftigt:

- 8 Akademiker und
- 12 andere Angestellte.

Da der Mitarbeiterstab des Haldenprojektes aus Angehörigen von 10 bis 15 verschiedenen Nationen zusammengesetzt ist, traten verschiedene Probleme auf, die jedoch alle bestens gelöst werden konnten. Die Umgangssprache ist beispielsweise Englisch, auch alle Berichte werden in Englisch verfaßt. Für die Institutsangehörigen wurden 51 größere Wohnungen für Familien, von denen 12 vollständig eingerichtet sind, und 20 Kleinwohnungen für Einzelpersonen gebaut. Die Zusammenarbeit unter den einzelnen Institutsangehörigen ist trotz der verschiedenen Nationalität ganz ausgezeichnet.

3. Reaktoranlage

Der Reaktor ist ein mit schwerem Wasser moderierter Siedewasser-Energiereaktor. Er ist der erste Reaktor dieser Type in der Welt. Es sind zwei Ausbaustufen vorgesehen. Die erste Stufe soll mit 5 at Druck bei 150°C und 5 MW Reaktorleistung arbeiten, die zweite Ausbaustufe soll mit 40 at Druck bei 250°C arbeiten. Der

erzeugte Leichtwasserdampf wird einer Papierfabrik zugeführt.

31. Lage der Baulichkeiten der Reaktoranlage

Die Stadt Halden liegt im südöstlichen Teil von Norwegen, nahe der schwedischen Grenze. Die Stadt mit Umgebung hat rund 20 000 Einwohner. Die näch-

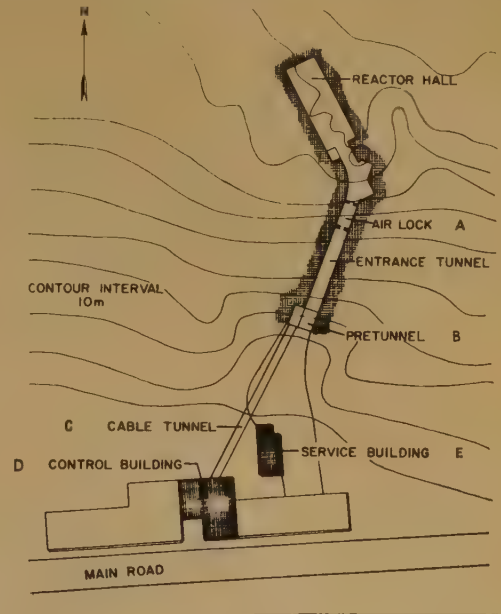


Abb. 1. Gesamtüberblick über die Reaktoranlage

sten großen Städte sind Oslo, 120 km Entfernung, und Göteborg, 200 km Entfernung.

Mit wenigen Ausnahmen ist die gesamte Anlage als Kavernenkraftwerk in mehreren Stockwerken in den Fels gebaut. Abb. 1 gibt einen Grundriß der Gesamtanlage, Abb. 4 zeigt einen Modellschnitt.



Abb. 2. Bau des Vorraumes zum Reaktoreingangstunnel. Die oben sichtbare Wölbung dient zum Schutz gegen herabfallende Gesteinsmassen

Das Gebäude für die Kontrollstation *D* in Abb. 1 enthält den Kontrollraum, dessen Einrichtung später näher beschrieben werden soll. Darunter liegt ein Raum für die verschiedenen Verstärker, Relais und dergleichen. Es befindet sich auch ein Batterieraum dort. Im gleichen Gebäude sind mechanische und elektronische Werkstätten sowie verschiedene Büros untergebracht.

Das Gebäude *E* in Abb. 1 enthält ein Diesellagergerät zur Notstromversorgung, die Speisewasserkontrolle und den Speichertank für das Grundwasser. Im tiefsten Punkt der Anlage in der Reaktorhalle befindet sich der Grundwassersumpf. Dort sammeln sich im Durchschnitt pro Tag 25 m³ Wasser an, das in diese Speicher übergeleitet werden kann.

Beide Gebäude, *D* und *E*, sind frei aufgebaut. Sie sind durch den Kabelkanal *C* in Abb. 1 mit dem Vorraum zum Eingangstunnel verbunden. Der Kabelkanal ist unter Erde verlegt und leicht begehbar. Der Vorraum zum Tunnel *B* enthält auch die Speisewasseraufbereitung und die Frischluftaufnahme sowie den Kamin zum Luftabblasen. Ein 50 m langer Tunnel führt vom Vorraum zur Reaktorhalle. Er ist so beschaffen, daß die größten Teile der Anlage durch ihn hindurch befördert werden können. Seine Höhe ist 6,2 m, seine Breite beträgt 4,5 m.

In Abb. 2 ist der Vorraum im Bau und in Abb. 3 ist die Einmündung des Kabelkanals in den Verstärker-raum zu sehen.

Der aus dem Fels herausgearbeitete Hohlraum für die Reaktoranlage ist 10 m breit, 30 m lang und 26 m tief. Die Reaktorhalle selbst ist 15,5 m hoch. Der Fels hat überall eine Betonauflage von 30 cm im Mittel. Der Reaktortank mündet in die Reaktorhalle und hängt in einem Stahlzylinder, der zugleich als thermischer Schutz des Betons dient. Siehe auch Abb. 4. Die Reaktorhalle mit der Öffnung des Reaktortanks ist in Abb. 5

zu sehen, ebenso der 50 t Montagekran. An der einen Seite des Reaktors sind in zwei Stockwerken die verschiedenen Installationen untergebracht. Darunter befindet sich der Pumpraum für den Grundwassersumpf. Auf der anderen Seite befindet sich der Brennstoffspeicher (*F* in Abb. 4) und ein anderer großer Behälter *G*. Er ist groß genug, um den ganzen Kessel aufzunehmen.

Das Volumen der Reaktorhalle liegt bei 4 600 m³. Es sind zwei Ventilationssysteme vorhanden. Ein Frischluftsystem liefert 6 000 m³/h und arbeitet normalerweise allein. Die frische Luft wird gefiltert und kann nötigenfalls erwärmt werden. Die abgeblasene Luft geht ebenfalls durch Filter und schließlich durch einen 16 m hohen Schornstein. Das Umlaufsystem wälzt 25 000 m³/h Luft um, die ebenfalls über Filter gereinigt wird.

Bei Explosion des Druckkessels im Katastrophenfall wird an den Verschlüßtüren der Halle mit einem dynamischen Überdruck von 3 kg/cm² gerechnet. Die Explosionssicherheit der Halle ist durch die über ihr liegende Gesteinsschicht garantiert, die nirgends weniger als 30 m beträgt. Der Eingangstunnel wird durch zwei 1 m dicke Betonwände mit 1,5 × 2 m großen Stahltüren abgeschlossen (in Abb. 1 air lock *A*).

32. Reaktor

Der Reaktorkern enthält 7 t natürliches Uran. Der Moderator besteht aus 16 t schwerem Wasser. Die Kühlung der Brennstoffelemente erfolgt durch natürlichen Umlauf des Schweren Wassers bei 150°C, der Dampfdruck im Reaktorkessel beträgt dabei 5 at. Die abgegebene Wärmeleistung liegt bei 5 MW. Davon werden ungefähr 4 MW durch einen Wärmeübertrager aufgenommen, die restlichen 1 MW durch den Schwerwasserkühler. Diese beiden Wärmeübertrager leiten die Wärme vom primären Schwerwasserkreislauf zum sekundären Normalwasserkreislauf über. Die Temperatur ist dort 130°C bei 3 at.

321. Reaktortank (s. Abb 6 und 7): Der Kessel, in dem sich der Reaktorkern befindet, ist 470 cm hoch und hat einen inneren Durchmesser von 270 cm. Die Stahlwand hat eine Dicke von 6,5 cm. Der max. zugelassene Druck beträgt 40 atm. Der Kesselboden hat eine Ableitung von 5 Zoll Durchmesser, die zum Schwerwasserkühler führt. Ein Füllkörper aus Gußeisen (*H* in Abb. 6) dient zur Reduzierung des Schwerwasservolumens. Der Deckel aus Gußstahl ist 70 cm dick und hat einen Durchmesser von 340 cm. Er ist mit zahlreichen Löchern für die Brennstoffelemente, Kontrollstäbe, Dampfableitungen und anderes mehr durch-

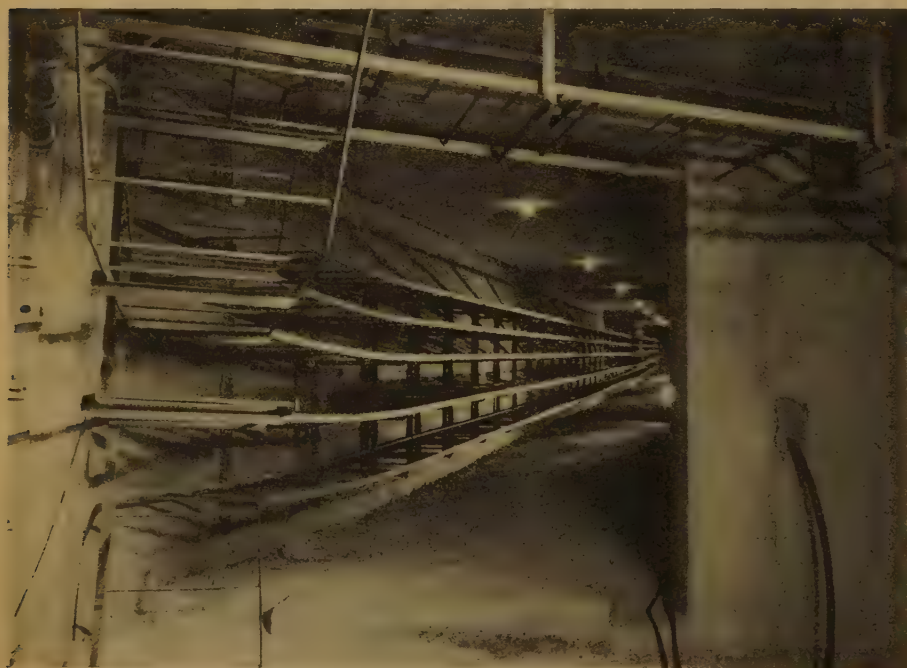


Abb. 3. Eingang zum Kabelkanal vom Verstärkerraum aus

setzt. Als Wärmeschutz des Flansches und des Deckels dient ein ringförmiger Mantel aus 5 mm dickem Stahlblech.

322. Brennstoffelemente: Bei der ersten Ausbaustufe enthält der Reaktorkern 320 Brennstoffelemente in Stabform aus natürlichem Uran. Diese Elemente sind in Hexagonalgitterform, Gitterabstand 130 mm, verlegt. Die Uranstäbe haben 1 Zoll Durchmesser und sind 2 375 mm lang. Ihre Umhüllung besteht aus Aluminium, das 1,8 mm dick ist. Zur besseren Wärmeübertragung sind 5 Aluminiumrippen von 5,2 mm Höhe und 1,5 mm Dicke angebracht. Zwischen dem Uranmetall und der Aluminiumumhüllung übernimmt eine dünne Heliumschicht, die unter 1 atm Druck steht, den Wärmetransport. Der Druck wird gemessen. Ein Absinken dieses Druckes kann ein Zeichen für Undichtheiten oder sogar für Bruchstellen in der Aluminiumumhüllung sein.

Um jedes Brennstoffelement liegt ein Aluminiumrohr von 1 mm Dicke und 71,4 mm Durchmesser. Dadurch entsteht zwischen dem Element und dem Rohr ein ringförmiger Kanal von 20,9 mm Breite. Öffnungen am unteren bzw. oberen Ende der Anordnung erlauben ein Einströmen des Schweren Wassers bzw. Ausströmen des Wasser-Dampfgemisches. Wenn gewünscht, kann vom Schwerwasserkühler durch Düsen Wasser direkt in den Ringraum gepumpt werden.

Für die Leistungsexperimente werden einige der normalen Brennstoffelemente durch besonders ausgebildete Elemente, die Uran-oxyd 1,5% mit U 235 angereichert enthalten, ersetzt.

323. Reaktorschutz: Der Reaktorkessel hängt in einer Betonumwandung. Der Deckel des Kessels liegt 6 m unterhalb des Bodens der Reaktorhalle. (Siehe Abb. 4 und 7.) Ein dreifacher Schutz nach oben ist vorhanden. Zunächst der Reaktordeckel. Darunter hängen zwei Stahlplatten. Dies gibt zusammen einen Schutz von 98 cm Dicke. Oberhalb des Deckels und des ringförmigen Sammelrohres (Raum A in Abb. 7), das die Dampfableitungsrohre aufnimmt, liegt ein Betonschild von 110 cm Stärke. Dieser Schutz dürfte stark genug sein, um Arbeiten an den Antriebsmotoren der Kontrollstäbe, die darüber hinausragen, zu erlauben (B in Abb. 7). Ein Gußstahldeckel von 24 cm Stärke schließt die Betongrube ab und liegt in gleicher Ebene mit dem Hallenfußboden.

Seitlich vom Reaktorkessel und am Boden desselben ist eine 9 cm dicke Schicht einer Wärmeisolation. Dann kommt ein Wassermantel von 37,5 cm Stärke (siehe C in Abb. 7). Endlich umhüllt eine 240 cm starke Betonschicht den Reaktorkessel von allen Seiten, mit Ausnahme der oberen Öffnung.

324. Schwerwassersystem (s. Abb. 8): Im gesamten Schwerwassersystem befinden sich 16 t Schweres Wasser. Es sind zwei Teile zu unterscheiden:

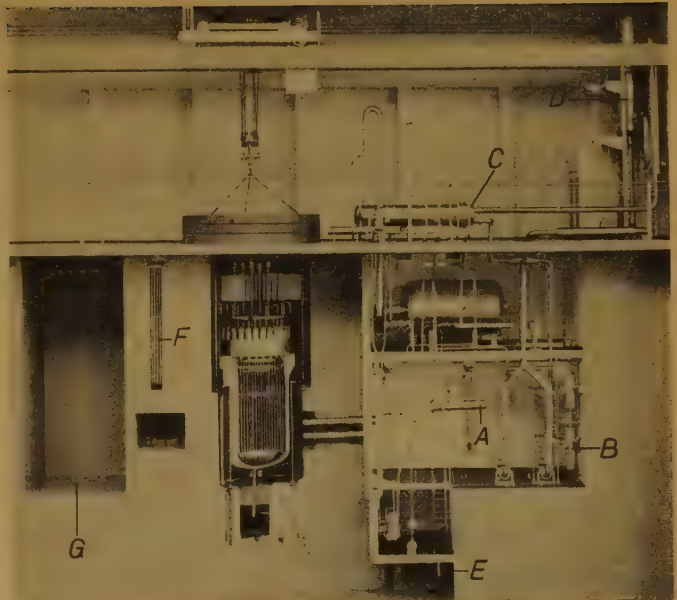


Abb. 4. Modellschnitt durch die Reaktoranlage, soweit sie unterirdisch angelegt ist

- | | |
|---|---|
| A . . . Schwerwasserkühler | E . . . Grundwassersumpf |
| B . . . D ₂ O-Reinigungsanlage | F . . . Speicherbehälter für die Brennstoffelemente |
| C . . . Wärmeaustauscher | G . . . Großer Speicherbehälter |
| D . . . Dampfbehälter | |

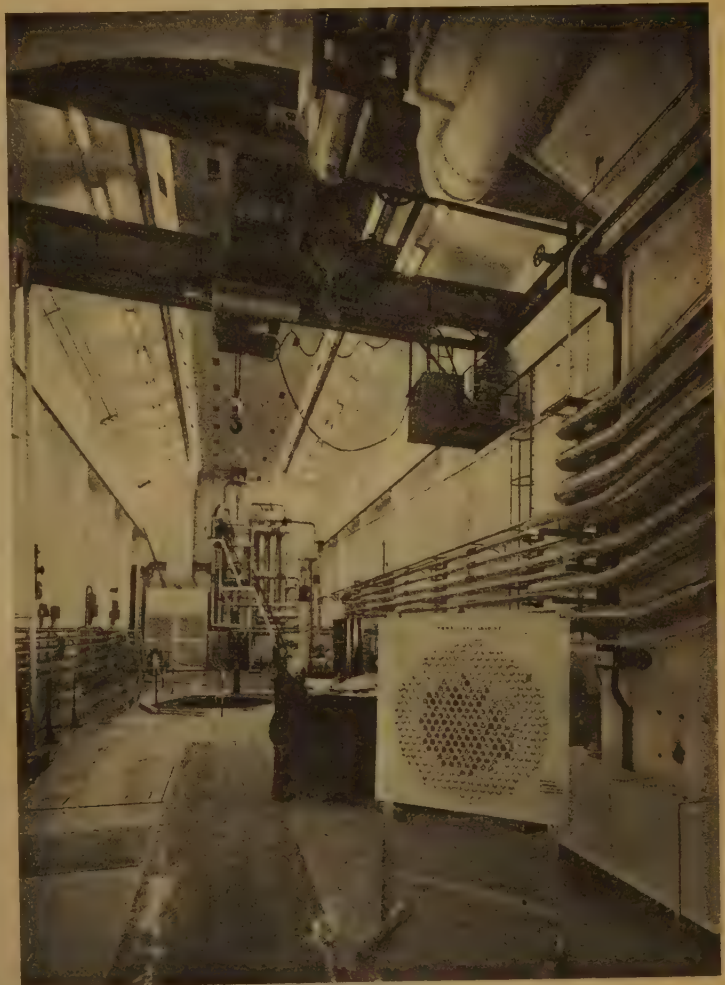


Abb. 5. Reaktorhalle. Im Hintergrund der Dampfbehälter, davor, mit einem Geländer umgeben, der Zugang zum Reaktorkessel

324.1. Hauptkreislauf: Durch den Reaktordeckel führen zwölf Stück 3-Zoll-Leitungen zu einer ringförmigen Sammelleitung. Von da strömt der Dampf in eine 8-Zoll-Leitung zum Wärmeaustauscher *B*. In diesem kondensiert der Dampf und gibt dabei die Wärme an den sekundären Kreislauf ab. Das Kondensat fließt über eine 3-Zoll-Leitung zum Reaktor zurück und wird mit zwei 2-Zoll-Leitungen durch den Reaktordeckel hin-

servorratsbehälter und zur Schwerwasserreinigung. Der Kühler kann auch durch eine Kurzschlußleitung abgeschaltet werden (bei *D* in Abb. 8).

325. Leichtwasserkreislauf (s. Abb. 8): Das Rohwasser fließt zunächst über Sandfilter durch verschiedene Vorwärmer in den Speisewasserkessel, der ungefähr 100 t Wasser aufnehmen kann. Von der Hauptdampfleitung kann über eine Leitung Dampf in den Kessel eingespritzt werden und so eine immer gleichbleibende Wassertemperatur von rund 100° C im Kessel erzielt werden. Zwei Pumpen (je 10 m³/h bei 35 atm Druck) leiten das Wasser zum Schwerwasserkühler und von dort zum Dampfbehälter (*G* in Fig. 8). Dieser enthält ein durch Regler konstant gehaltenes Wasservolumen von 3 m³. Hochdruckpumpen (165 m³/h bei 35 atm), in Abb. 8 mit *H* bezeichnet, fördern Wasser vom Boden des Dampfbehälters zum Wärmeübertrager *B*. Von dort führt ein Wasser-Dampfgemisch zurück zum Dampfbehälter. Vom Deckel des Dampfbehälters führt eine Dampfleitung von 8 Zoll Durchmesser zunächst zu einem 10 m hohen Kamin, später wird eine Leitung zur Papierfabrik gebaut.

Das System kann mit einem 300 kW-Erhitzer vorgewärmt werden. Besondere Wasserkreisläufe kühlen den Betonschutz des Reaktors.

33. Reaktorregelung

331. Kadmiumkontrollstäbe: Alle Kontroll- oder Regelstäbe haben eine doppelte Funktion. Einerseits dienen sie zur Reaktorregelung, andererseits dienen sie zur Schnellabschaltung des Reaktors. Die Stäbe sind an gewöhnlichen Gitterstellen der Brennstoffelemente untergebracht. Im ganzen sind zehn Regelstäbe vorhanden. Neun davon dienen zur Grobregulierung und einer dient zur Feinregulierung.

Die Regelbewegung wird ohne Stopfbuchsen und dergleichen durchgeführt, so daß kein Schwerwasserdampf vom Kessel nach außen dringen kann. Auf dem Kesseldeckel sitzen Hülsen, die innen unter dem normalen Dampfdruck des Kessels stehen und nach außen hin druckdicht abgeschlossen sind. In diese taucht ein Stahlkörper, der auf einem Verlängerungsrohr des Kadmiumstabes sitzt. Der Stahlkörper liegt so an die Innenwand der Hülse an, daß er nicht viel Reibung erzeugt. Die Außenwand der Hülse, gegenüber dem Stahlkörper, wird von einem Elektromagneten umschlossen. Dieser Magnet kann durch Metallbänder mittels eines Motors auf und ab bewegt werden, wobei er den Stahlkörper mitnimmt und entsprechend die Kadmiumstäbe im Reaktorkern bewegt. Bei Notabschaltung muß nur der Magnetstrom unterbrochen werden, die Regelstäbe fallen infolge ihrer Schwerkraft, vermindert um die Reibung, ab. Die Hülse mit dem beweglichen Magneten, dem Motor und dem Geber für die Positionsanzeige ist in Abb. 9 zu sehen.

Der aktive Teil der Regelstäbe ist aus zwei konzentrischen Röhren, in deren Ringraum der Kadmiumstreifen liegt, zusammengebaut. Die innere Röhre hat einen Durchmesser von 100 mm. Die Dicke des Kadmiumstreifens beträgt bei den Grobregelstäben 1,35 mm und die Hälfte davon beim Feinregelstab. Die Position kann bei den Grobregelstäben auf ± 3 mm, beim Feinregelstab auf ± 1 mm genau festgestellt werden. Am oberen Ende können die Hülsen geöffnet werden, um

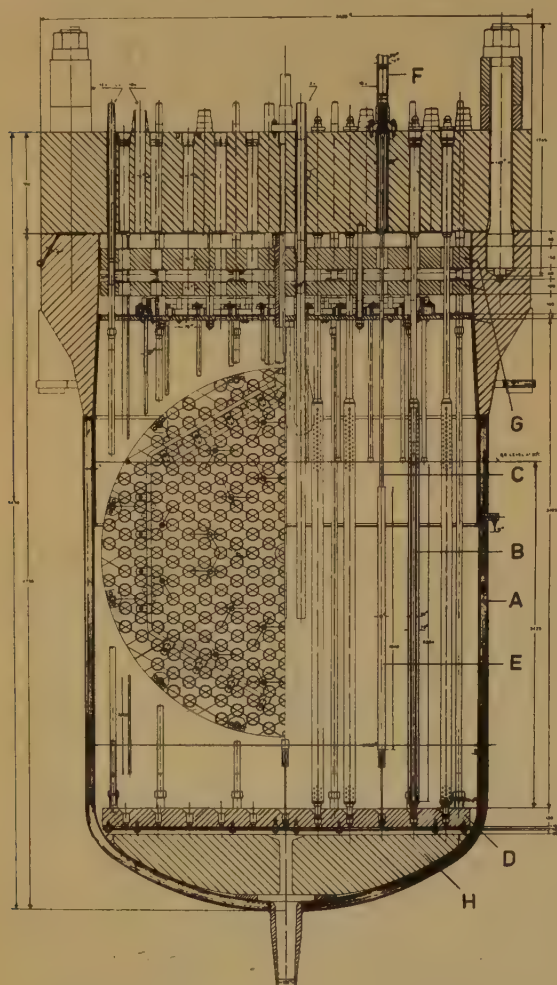


Abb. 6. Schnitt durch den Reaktorkessel

- A . . . Kesselwand
- B . . . Brennstoffelement
- C . . . Regelstabverbindungsstück
- D . . . Stützplatte für die Brennstoffelemente
- E . . . Aktiver Teil des Regelstabes
- F . . . Hülse für die obere Führung des Regelstabes
- G . . . Schutzplatten
- H . . . Füllkörper zur Verminderung des Schwerwasservolumens

durchgeführt. Sie münden 0,5 m über dem normalen Flüssigkeitsspiegel.

324.2. Schwerwasserkühler-Kreislauf: Zur Regelung der Moderatortemperatur wird das Schwere Wasser im Schwerwasserkühler gekühlt. Über eine 5-Zoll-Leitung fließt das Wasser vom Boden des Reaktors ab. Über Pumpen (80 m³/h bei 40 m Druckhöhe) wird es durch den Kühler geschickt (*C* in Abb. 8). Die Rückleitung zum Reaktor kann zweifach erfolgen. Die eine Abzweigung führt zum Reaktorboden, wo das gekühlte Wasser, wie schon erwähnt, direkt in den Ringraum der Brennstoffelemente eingespritzt werden kann. Der andere Zweig führt in den oberen Moderatorbereich. Von diesem Kreislauf führen Verbindungen zu dem Schwerwas-

eine Überwachung zu ermöglichen. Das Gesamtgewicht der Kontrollstabanordnung beträgt 14,3 kg, die Tragkraft des Magneten 30 kg.

Die oben erwähnten Metallbänder, mittels denen der ringförmige Magnet bewegt wird, sind aus einer Kupfer-Berylliumlegierung und dienen zugleich als Stromzufuhr für den Magneten. Für die Feinregulierung kann die Stabgeschwindigkeit kontinuierlich von 0 bis 2,5 cm/sec eingeregelt werden. Für die Grobregelung sind zwei Stabgeschwindigkeiten vorgesehen, 0,15 oder 1,25 cm/sec. Die Fallzeit der Stäbe bei Notabschaltung beträgt 0,84 sec. Es kann immer nur ein Regelstab angetrieben werden, zwei oder mehrere zur gleichen Zeit vom Schaltpult aus zu verstellen, ist nicht möglich.

332. Kontrollinstrumente: Man kann hier unterscheiden zwischen den Meßinstrumenten zur Neutronenflux-, zur Temperatur-, Fluß-, Druck- und Wasserspiegelmessung.

332.1. Fluxmessung: Der Neutronenflux wird in Leistungseinheiten gemessen. Ein Teil dieser Geräte dient zur Messung bei der Reaktorinbetriebsetzung, der andere während des Leistungsbetriebes. Die Bereiche beider Gruppen überschneiden sich natürlich.

332.11. Inbetriebsetzung: Es sind vorgesehen: zwei BF₃-Zähler im Reaktorkessel mit Meßbereichen von 10⁻⁵ bis 10² Watt. Für die ersten Versuche war noch zusätzlich eine Spaltkammer im Tank für 1–10⁴ Watt vorgesehen. Ein viertes Meßinstrument für 10⁻¹ bis 10⁴ Watt war im Betonschild untergebracht.

332.12. Leistungsbetrieb: Es sind vorhanden: zwei den Leistungslogarithmus anzeigende Instrumente mit dem Bereich von 50 bis 10⁷ Watt, zwei mit linearer Skala von 5 · 10³ bis 10⁷ Watt und ein Instrument für Feinmessung von 10⁵ bis 10⁷ Watt. Die Meßwerte dazu liefern Ionisationskammern in einem Graphitblock an der Seite des Reaktortanks (siehe Abb. 7 rechts).

332.13. Reaktorschutz: Dazu sind drei zusätzliche Meßgeräte mit dem Bereich von 3 bis 10⁷ Watt vorgesehen. Ihre Skalen geben die Fehlabweichung in Prozent an.

332.2. Temperaturmessung: Insgesamt wird an 74 Punkten der Reaktoranlage die Temperatur gemessen. Zur Messung dienen Thermoelemente aus Eisen-Konstantan oder Platin-Widerstandsthermometer. Thermoelemente messen die Temperatur von zwölf Brennstoffelementen. Die Meßwerte werden gemeinsam auf ein Schreibgerät aufgezeichnet. Ein anderer Schreiber hält die Temperaturwerte des Schwerwasserkondensates, des Schwerwasser- und des Leichtwasserdampfes und die Schwerwassertemperatur im Kühler fest. Mehrere Widerstandsthermometer sind im Schwerwassersystem verwendet. Zwei Thermostaten für Alarmzwecke sind an der Schwerwasserkülpumpe und an der Schwerwasser-Reinigungsanlage in Gebrauch.

Außer den normalen Dampf- oder Wasserdurchflußmengen-Messungen sowie den Wasserspiegelmessungen, die sich als recht schwierig erweisen, erfolgen noch weitere Messungen zu Überwachungszwecken, wie z. B. Feststellung von Spaltprodukten im Schwerwasser, Feststellung von D₂ im Dampf, Feststellung der D₂O-Leitfähigkeit als Maß für die Reinheit des Moderators, Feuchtigkeitsmessungen, um Verluste an Schwerem Wasser festzustellen. Diese Feuchtigkeitszellen geben

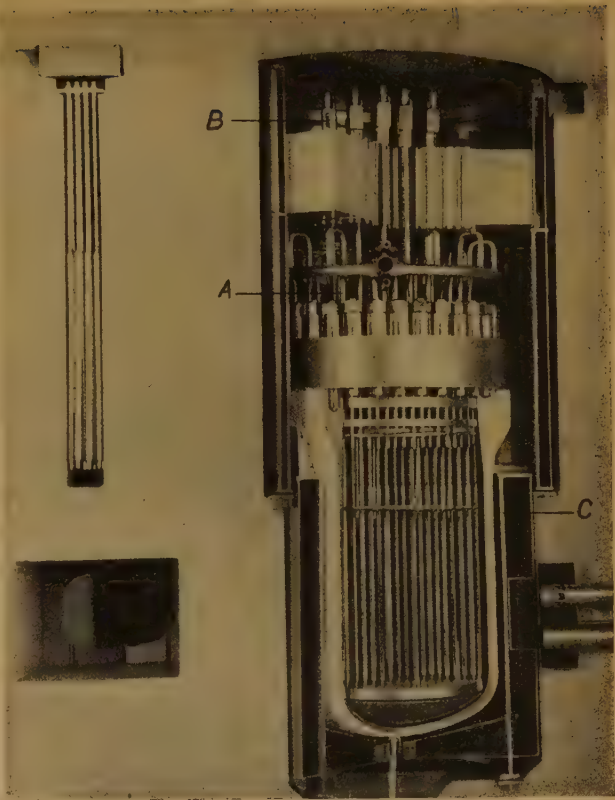


Abb. 7. Modellschnitt durch den Reaktorkessel
A . . . Dampfleitung
B . . . Antrieb der Regelstäbe
C . . . Wassermantel

Alarm bei einer Flüssigkeitsmenge von 0,5 mg.
333. Kontrollraum: In Abb. 10 ist die Anordnung des Schaltpultes und der Kontrolltafel zu sehen. Die

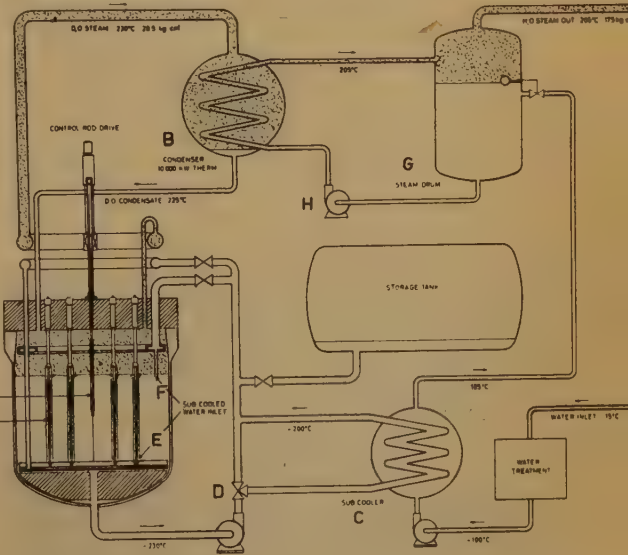


Abb. 8. Vereinfachtes Bild des Flußverlaufes in der Reaktoranlage

- A . . . Reaktorkessel
- B . . . Wärmeübertrager
- C . . . Schwerwasserkühler
- D . . . Zweigventil
- E . . . Düsen für die Zuleitung des Kühlwassers in den Ringkanal der Brennstoffelemente
- F . . . Zuleitung des Kühlwassers in den Moderator
- G . . . Dampfbehälter
- H . . . Pumpe

wichtigsten Meßinstrumente sowie Schaltvorrichtungen sind am Schaltpult untergebracht. Die Kontrolle über die Ventilstellung und die Schreibgeräte sind an der Kontrolltafel in voller Sicht des Operators angebracht. Die Verstärker, Relais und dergleichen befinden sich, wie bereits erwähnt, in dem Raum unterhalb des Kontrollraumes.

333.1. Schaltpult: Dieses ist in fünf Tafeln, entsprechend den Funktionen, eingeteilt. Von links nach rechts folgend sind dies:

1. Schaltfeld: enthält Telefon und Fernsehen;
2. Schaltfeld: enthält Zählerkanäle und Reserveplatz;
3. Schaltfeld: ist der Mittelteil des Schaltpultes und enthält Leistungs- und Dampfdruckanzeige, die automatische Regelung, Kontrollstabantrieb und Positionsanzeige;
4. Schaltfeld: enthält Wahlschalter für Temperaturmessung, Druck- und Flußmeßgeräte;
5. Schaltfeld: enthält Schalter für die wichtigsten Ventile und Pumpen.

333.2. Kontrolltafel: Diese ist entsprechend dem Schaltpult aufgebaut und ebenso in verschiedene Schaltfelder eingeteilt.

Von links nach rechts ist angeordnet:

1. Schaltfeld: Überwachung der Leistungseinspeisung;
2. Schaltfeld: D_2O -Verlustüberprüfung;



Abb. 10. Kontrollraum. Vorne das Kontrollpult, im Hintergrund die zentrale Tafel mit anschließenden Schaltfeldern

3. Schaltfeld: Begrenzungsanzeigelampen für die Regelstäbe;

4. und 5. Schaltfeld: Schreib- und Anzeigergeräte sowie die Kurzschlußschlüssel für die Fluxmessungen;

Zentraltafel: zeigt den Betriebszustand in den Hauptkreisläufen der Anlage;

6., 7. und 8. Schaltfeld: Anzeige der Aktivität der Spaltprodukte, der D_2O -Leitfähigkeit und der D_2 -Gas-Konzentration;

10. Schaltfeld: Anzeigung zur Sicherheitskontrolle für den Gesundheitsüberwachungsdienst, Lüftungsüberwachung und dergleichen mehr.

Alle Ventile, Pumpen, Kompressoren und Ventilatoren werden vom Kontrollraum aus geschaltet.

334. Schutzeinrichtungen: Es sind drei Möglichkeiten vorgesehen, den Reaktor abzuschalten:

1. Notabschaltung: kann vom Schaltpult getätigt werden. Alle Kontrollstäbe fallen ab. Es wird, wie schon erwähnt, der Magnetstrom unterbrochen.

2. Schnellabschaltung: kann ebenfalls vom Schaltpult ausgelöst werden. Alle Kontrollstäbe werden mit maximaler Geschwindigkeit in ihre unterste Stellung gebracht.

3. Langsame und normale Abschaltung: die Kontrollstäbe werden gemeinsam langsam eingefahren.

Zum Schutz der Anlage dienen auch verschiedene Programmeinheiten, die selbsttätig ablaufen:

1. Programmeinheit: läuft ab bei Auftreten von Aktivität im Dampf. Der Normalwasserkreislauf wird durch Schließen der Dampf- und Speisewasserventile isoliert.

2. Programmeinheit: startet bei Feststellung von Aktivität in den Reaktorabwässern. Diese werden zu einem Speichertank geleitet.

3. Programmeinheit: tritt in Kraft bei Feststellung von Luftaktivität. Das Ventilationssystem wird gestoppt.

4. Programmeinheit: startet bei Not- oder Schnellabschaltung. Die Dampfventile werden geschlossen, um ein zu rasches Abkühlen des Reaktors zu verhindern.

Startet eine von den ersten drei Programmeinheiten, so wird automatisch das Schnellausschaltssignal gegeben.

34. Versuchsprogramm

In diesem Kapitel sollen nur die wichtigsten Experimente angeführt werden. Zum kleineren Teil sind sie bereits durchgeführt, größtenteils werden sie im Laufe dieses Jahres durchgeführt.

Es sind drei Gruppen von Experimenten zu unterscheiden. In zeitlicher Folge sind dies die

- Nulleistungsexperimente,
- Experimente mit geringer Leistung,
- Leistungsexperimente.

341. Nulleistungsexperimente: Diese wurden im Laufe des vergangenen Jahres abgeschlossen. Hier kann man wieder zwischen zwei Arten unterscheiden:

341.1. Unterkritische Untersuchungen: Die maschinenbauliche Seite der Anlage kann hier auf Betriebssicherheit untersucht werden, das Eichern der Thermoelemente kann vorgenommen werden und anderes mehr.

341.2. Leicht überkritische Untersuchungen: Dazu gehören vor allem die Versuche, bei denen die kritische Masse des Moderators unter verschiedenen Bedingungen geprüft wird. Dabei wird zusätzlich der Anfahrvorgang geübt. Außerdem kommen hinzu: die Eichung der Kontrollstäbe, die Messung der Neutronenfluxverteilung im

Kern, die Messung des Einflusses des Dampfolumens im Siedewasser auf die Reaktivität des Reaktors durch Einblasen von Luft in denselben.

342. Experimente mit geringer Leistung: Sie vermitteln den Übergang zur vollen Leistung und dienen zur Überprüfung der gesamten Anlage bei steigendem Druck und Temperatur. Außerdem werden wieder Messungen des Einflusses des Dampfolumens auf die Reaktivität bei höherer Temperatur sowie Untersuchungen der Frequenzgang-Funktion des Reaktors mittels Reaktivitätsschwingungen durchgeführt. Für Messungen des Temperaturkoeffizienten muß der Reaktor auf 150°C gebracht werden. All diese Untersuchungen haben den Zweck, die Verbesserungen und Ergänzungen der Anlage herauszufinden, die für die Leistungsversuche erforderlich sind. Im Verlauf der Leistungsversuche selbst wären diese Änderungen infolge der hohen Aktivität schwer durchzuführen.

343. Leistungsexperimente: Hier sind zu unterscheiden zwischen den Untersuchungen bei nichtsiedendem und bei siedendem Schwerem Wasser.

343.1. Leistungsexperimente bei nichtsiedendem Schwerem Wasser: Der Druck im Reaktor wird so hoch gehalten, daß die Wassertemperatur die Siedetemperatur nicht erreicht. Die vom Reaktor erzeugte Wärme wird vom Schwerwasserkühler aufgenommen. In diesem Zustand ist das dynamische Verhalten des Reaktors stark vereinfacht, da keine Dampfblasenbildung im Moderator auftritt. Es werden untersucht die Xenon- und Samariumvergiftung und der Reaktorfrequenzgang, wie oben erwähnt. Weiters soll ein Überblick über die Verhältnisse bei Einspritzen des Wassers aus dem Schwerwasserkühler in den Ringkanal der Brennstoffelemente direkt oder in den Moderator gefunden werden. Änderungen im Sekundärfluß des Kühlers sollen dessen Einfluß auf die Dynamik des Systems ermitteln.

343.2. Leistungsexperimente bei siedendem schwerem Wasser: Diese Untersuchungen sind Höhepunkt und Abschluß der Messungen an der ersten Ladung. So werden hierbei verschiedene Korrosionseffekte am Material auftreten, die sehr aufschlußreich sein können. Ein besonders umfangreiches Programm stellen die Experimente zur Bestimmung der Dynamik der Anlage dar. Vorgesehen sind:

Erstens die Untersuchung der Reaktivität im stationären Reaktorzustand bei verschiedener Leistung. Da der Temperatureinfluß bereits bekannt ist, wird der Dampfblaseneinfluß auf die Reaktivität ermittelt. Daraus kann wieder die betreffende Konstante für den Frequenzgang gefunden werden.

Zweitens die Dynamikexperimente selbst. Hierbei werden wieder Reaktivitätsschwingungen durchgeführt, ebenso aber Reaktivitätsänderungen in Schritt- bzw. Rampenform. Weiters wird bei konstanter Reaktivität die Dampfbelastung im Sekundärkreis geändert und außerdem wird die Wärmeübertragung des Schwerwasserkühlers schrittartig geändert.

Es folgen dann Experimente zur Bestimmung der günstigsten Leistungsregelung. Die Fluxverteilung, die sich durch die Bildung von Dampf im Moderator gegenüber den früheren Messungen geändert hat, wird gemessen, ebenso werden thermodynamische Studien vorgenommen.

35. Zweite Ausbaustufe

Diese soll, wie bereits erwähnt, bei höherem Druck und höherer Temperatur eine wesentlich höhere Leistung ermöglichen. Das soll durch neue Brennstoffelemente erreicht werden, die schwach angereichertes Uranoxyd enthalten. Auch für diese Ausbaustufe wurde ein Versuchsprogramm ausgearbeitet, das analog den eben beschriebenen verläuft.

Bericht über die Internationale Diskussionstagung über Kernkraftwerke

Der Ausschuß für die friedliche Verwendung der Atomenergie der Technischen Hochschule Wien, die Österreichische Elektrizitätswirtschafts-AG (Verbundgesellschaft) und der Österreichische Verband für Elektrotechnik veranstalteten in der Zeit vom 27. bis 29. April 1960 in Wien eine internationale Diskussionstagung über Kernkraftwerke (Nettoleistung im Bereich von 150 MW). Das Ziel der Tagung war es, den derzeitigen Entwicklungsstand der verschiedenen Kernkraftwerke aus berufenem Munde kennenzulernen, um die weiteren Entwicklungsrichtungen sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht abschätzen zu können. 140 Tagungsteilnehmer aus verschiedenen Ländern wurden registriert.

Die Firmen AEG-Frankfurt/Main, Atomics International-Kalifornien, GEC-England, Interatom-Bensberg und SSW-Erlangen hatten es übernommen, über die von diesen Firmen geplanten und entwickelten Reaktoren zu referieren. Damit die Referate im Aufbau etwa gleichartig abgefaßt werden konnten, hatten die Veranstalter das auf der Tagung zu behandelnde Stoffgebiet weitestgehend aufgegliedert.

Da der Hauptzweck der Tagung die Diskussion war, wurden die Hauptreferate den Tagungsteilnehmern einige Wochen vor Tagungsbeginn zur Verfügung gestellt. Dadurch wurde erreicht, daß die Teilnehmer bereits wohlunterrichtet den einzelnen Sitzungen beiwohnen konnten und die Hauptreferenten sich daher innerhalb der ihnen jeweils an den Vormittagen nur beschränkt zur Verfügung

stehenden Zeit ausschließlich mit den wesentlichsten Merkmalen ihres Reaktortyps befassen konnten. Die Nachmittags-sitzungen waren nur der Diskussion vorbehalten, wobei die Diskussion streng nach der Stoffgliederung durchgeführt wurde.

Interessenten, die bei der Tagung nicht anwesend waren, soll die im nachfolgenden angeführte Stoffgliederung ermöglichen, nachzusehen, ob hier Probleme behandelt wurden, die ihrem Interessenkreis entsprechen. Ist dies der Fall, so kann in den Referaten nachgelesen werden, wie die einzelnen Firmen sich zu diesem oder jenem Fragenkomplex stellten.

Stoffgliederung

Erster Tag

- 1 Kennzeichnung des Reaktortyps und der dazugehörigen Kraftwerksausrüstung
 - 1.1 Brennstoffe. Kurze Angabe von
 - 1.11 Anreicherungsgrad
 - 1.12 Legierung oder Verbindung
 - 1.13 Form
 - 1.14 Can-Material
 - 1.15 Form des Brennstoffelementes
 - 1.2 Moderator
 - 1.21 Fester Moderator
 - 1.211 Herstellungsverfahren und Reinheit
 - 1.212 Bearbeitung und Aufbau

- 1.213 Canning
 - 1.214 Kühlung
 - 1.215 Strahlenbeständigkeit
 - 1.22 Bewegter Moderator
 - 1.221 Herstellungsverfahren und Reinheit
 - 1.222 Umwälzart
 - 1.223 Besonderheiten der Leitungen und Ventile
 - 1.224 Druck und Druckhaltung
 - 1.225 Kühlung
 - 1.226 Reinigungsverfahren
 - 1.227 Strahlenbeständigkeit
 - 1.3 Kühlmittel
 - 1.31 Herstellung oder Aufbereitung
 - 1.32 Umwälzart
 - 1.33 Besonderheiten der Leitungen und Ventile
 - 1.34 Druck und Druckhaltung
 - 1.35 Reinigungsverfahren
 - 1.36 Strahlenbeständigkeit
 - 1.37 Wärmeabfuhr vom Brennstoffelement über Canning zum Kühlmittel
 - 1.4 Wärmekreislauf
 - 1.41 Schematisiertes Wärmeschaltbild mit Angaben über Temperatur, Druck (eventuell Wassergehalt) und Durchsatzmengen
 - 1.42 Kennzeichnung der Thermodynamik der Gesamtanlage
 - 1.43 Besondere Maßnahmen im Wärmekreislauf zur Steuerung und Regelung der Leistungsabgabe
 - 1.5 Reaktorkessel (Werkstoff, Konstruktion, Dimensionierung, Fertigung)
 - 1.6 Wärmetauscher und Zusatzaggregate (Werkstoff, Konstruktion, Dimensionierung, Einsatz und Betriebsdaten)
 - 1.601 Wärmetauscher
 - 1.602 Wasserabscheider
 - 1.603 Überhitzer
 - 1.604 Trockner
 - 1.605 Kondensator
 - 1.606 Vorwärmer
 - 1.607 Dampftrommel
 - 1.608 Reduziergefäße
 - 1.609 Umwälzpumpen
 - 1.610 Kondensatpumpen
 - 1.611 Sumpfpumpen
 - 1.612 Besondere Dampferzeuger
 - 1.613 Aufbereitungsanlagen
 - 1.614 Entlüftung
 - 1.615 Kontinuierliche Reinigung
 - 1.616 Rekombination
 - 1.617 Schieber, Klappen und Ventile
 - 1.618 Meßstellen und -geräte
 - 1.7 Turbinen
 - 1.71 Kennzeichnende Betriebsdaten und konstruktive Ausgestaltung
 - 1.72 Möglichkeiten der radioaktiven Verseuchung und Decontamination der Turbine
 - 1.8 Abschirmung aller strahlungsgefährdenden Anlagenteile
 - 1.81 Werkstoffe
 - 1.82 Shield-Herstellung und -Aufbau
 - 1.83 Containment
 - 1.84 Zugänglichkeit der Anlage im Betrieb und nach Abschaltung
 - 1.85 Abkühlteinrichtung für radioaktive Betriebs- und Konstruktionswerkstoffe
 - 2 Aufwand für die Planung des Reaktors
 - 2.1 Rechnerischer Aufwand
 - 2.11 Schematische Darstellung des Berechnungsganges
 - 2.12 Erfasste kernphysikalische und wärmetechnische Kenngrößen
 - 2.13 Verwendete Rechenverfahren
 - 2.14 Verwendete und weiterentwickelte Rechenmethoden
 - 2.15 Rechentechnik und Rechenmaschinen
 - 2.16 Zuverlässigkeit der Vorausberechnung
 - 2.2 Experimentelle Vorarbeiten
 - 2.21 Werkstoffentwicklung und -prüfung
 - 2.22 Exponentialversuche
 - 2.221 Experimenteller und meßtechnischer Aufwand
 - 2.222 Genauigkeit der erfaßbaren Kenngrößen
 - 2.223 Welche Größen sind hier nicht erfaßbar?
 - 2.23 Pilot-Plant
 - 2.231 Experimenteller und meßtechnischer Aufwand
 - 2.232 Genauigkeit der erfaßbaren Kenngrößen
 - 2.233 Welche Größen sind hier nicht erfaßbar?
 - 2.24 Sonstige experimentelle Aufwendungen
 - 2.3 Effektiver Aufwand bei der Planung der Gesamtanlage in Mann-Jahren bis
 - 2.31 Vorprojekt
 - 2.32 Anbotreife
 - 2.33 Baureife
- Zweiter Tag
- 3 Brennstoffelemente, Brennstoffzyklus
 - 3.1 Das Brennstoffelement
 - 3.11 Ausgangswerkstoff
 - 3.111 Gewinnung von Konzentraten
 - 3.112 Anreicherung und Konzentratverarbeitung
 - 3.113 Herstellung des Brennstoffes
 - 3.1131 Verbindung oder Legierung
 - 3.1132 Preß- und Sinterverfahren
 - 3.12 Herstellung des Brennstoff-Einzelementes
 - 3.121 Aufbau des Brennstoff-Einzelementes
 - 3.1211 Brennstoffform
 - 3.1212 Kontaktmaterial
 - 3.1213 Can-Material
 - 3.1214 Mechanische Gestaltung des Can-Materials
 - 3.1215 Chemische Behandlung der Can-Oberfläche
 - 3.13 Herstellung des Brennstoffelementenpaketes
 - 3.131 Mechanischer Aufbau
 - 3.132 Ausbildung des oberen und unteren Brennstoffelementenkopfes
 - 3.2 Geplante und garantierte Belastung der Brennstoffelemente
 - 3.21 Möglicher Abbrand. Dieser wird begrenzt durch
 - 3.211 Vergiftung
 - 3.212 Strahlungsschädigung
 - 3.213 Mechanisch
 - 3.214 Thermisch
 - 3.215 Korrosion
 - 3.3 Umladung der Brennstoffelemente
 - 3.31 Voraussichtlicher Ladeplan
 - 3.32 Geplanter Ladezyklus
 - 3.33 Mechanische Vorrichtung zur Umladung und Transportvorrichtungen
 - 3.34 Mechanische und elektrische Positionsanzeigen zu 3.33
 - 3.4 Brennstoff-Wiederaufbereitung
 - 3.41 Abkühlzeit und Transport bestrahlter Elemente
 - 3.42 Grundzüge des Aufbereitungsvorganges (mechanisch, chemisch)
 - 3.43 Zeitdauer des Wiederaufbereitungsprozesses
 - 3.44 Brutgewinn
 - 4 Regelverhalten und Betriebssicherheit der Anlage
 - 4.1 Regelverhalten
 - 4.11 Anfahren
 - 4.111 Anfahr Voraussetzungen
 - 4.112 Dauer bis zum Erreichen der Kritizität

- 4.113 Trimmen
- 4.12 Hochfahren des Reaktors
 - 4.121 Voraussetzungen
 - 4.122 Leistungsmesskanäle
 - 4.123 Art des Hochfahrens (von Hand aus oder automatisch)
- 4.13 Zurückschalten der Leistung
 - 4.131 Möglichkeiten und Dauer
 - 4.132 Zusätzliche Wärmeabfuhr
 - 4.133 Hilfs-Energieverzehrer
- 4.14 Abschalten des Reaktors
 - 4.141 Betriebsmäßig (Dauer)
 - 4.142 Schnellabschaltung
 - 4.1421 Sicherheitskreise
 - 4.1422 Schnelligkeit des Leistungsrückganges
 - 4.1423 Weiter notwendige Wärmeabfuhr
 - 4.1424 Energieverzehrer für Reaktor und Kühlmittel
 - 4.1425 Notstromversorgung
- 4.15 Wiederauffahren (Xenon und Samarium-overriding)
- 4.2 Leistungsregelung während des Betriebes
 - 4.21 Die Regelstärke
 - 4.211 Rechnung
 - 4.212 Modellnachbildung
 - 4.213 Versuch
 - 4.22 Mögliche Selbstregelung des Reaktors
 - 4.221 Physikalische Voraussetzungen im Reaktor
 - 4.222 Voraussetzungen im Kühlkreislauf
 - 4.23 Äußere Leistungsregelung
 - 4.231 Meßgrößen und Meßstellen
 - 4.232 Gewinnung der Regelabweichung und ihre Verstärkung
 - 4.233 Nötige Rückführungen für den gewünschten Frequenzgang des Reglers
 - 4.24 Maßnahmen beim eventuellen Auftreten von (für eine Regelung) kritischen Betriebsgrößen
 - 4.25 Einfachheit und Zuverlässigkeit der Komponenten des Regelkreises
- 4.3 Betriebssicherheit
 - 4.31 Radioaktive Verseuchung
 - 4.311 Im Normalbetrieb
 - 4.312 Für verschiedene Unfallsarten
 - 4.32 Brennbarkeit der Reaktorkomponenten und und Sicherheitsvorkehrungen
 - 4.33 Explosionsgefahr
 - 4.331 Kernphysikalisch bedingt
 - 4.332 Durch inneren Überdruck
 - 4.333 Durch Wärmestau
 - 4.335 Durch chemische Reaktion
- 4.4 Strahlensicherheit
 - 4.41 Abschirmung des Reaktors
 - 4.42 Abschirmung der verschiedenen Kreisläufe und Hilfseinrichtungen
 - 4.43 Abschirmung der Wärmetauscher
 - 4.44 Abschirmung des Kondensators
 - 4.45 Transportgefäße für bestrahlte Reaktorbestandteile
 - 4.46 Transportkanäle und Abkühlvolumina
 - 4.47 Vorgesehene Reinigungs- und Filtereinrichtungen
 - 4.48 Gefährdung der Umgebung des Werkes während des Betriebes

Dritter Tag

- 5 Das Kernkraftwerk im Verbundbetrieb
 - 5.1 Langzeitverhalten des Reaktors
 - 5.11 Kernphysikalisch bedingte Veränderungen des Cores. Gegenmaßnahmen
 - 5.12 Strukturelle Veränderung des Reaktorsystems durch

- 5.121 Bestrahlung
- 5.122 Temperatur
- 5.123 Korrosion
- 5.13 Garantierter Abbrand unter gegebenen Voraussetzungen in MWd/t
- 5.2 Möglichkeiten des Einsatzes des Atomkraftwerkes zur elektrischen Energielieferung
- 5.3 Zusammenarbeit von Atomkraftwerken und konventionellen Kraftwerken im Verbundbetrieb
- 6 Kostenaufgliederung der Stromerzeugung und ihre Entwicklungstendenzen

Bei den im nachfolgenden aufzustellenden Kosten kommt es den Veranstaltern nur darauf an, die Entwicklungstendenzen der einzelnen Kostenanteile kennenzulernen. Die angeführten aufgeschlüsselten Zahlen bitten wir, nach den derzeitigen Erkenntnissen anzugeben. Es soll ihnen jedoch unter den gegebenen Voraussetzungen kein verbindlicher Charakter innewohnen. Der Zweck dieser Kostenaufstellung ist, auch für diesen Problemkreis, Grundlagen zu einem Vergleich der Entwicklungstendenzen von heute zu schaffen.

6.1 Voraussetzungen

- 6.11 Nettoleistung des Reaktors 150 MW_{el}
- 6.12 Kapitaldienst 14 %/a
- 6.13 Ausnutzungsfaktor 6 000 h/a
- 6.14 Uran-Pachtzins 4 %
- 6.15 Uranpreise gemäß Nucleonics Dezember 1956
- 6.16 Plutoniumpreis gemäß Applied Atomics 86, 12, 1957
- 6.17 Umrechnungskurse:
 - 1 DM = 6 öS
 - 1 sfr = 6 öS
 - 1 £ = 72 öS
 - 1 \$ = 26 öS
 - 100 ffr = 5,30 öS

6.2 Grundlagen

- 6.201 Wärmeleistung des Reaktors in MW_{th}
- 6.202 Eigenbedarf der Anlage in MW_{el}
- 6.203 Gesamtwirkungsgrad in %
- 6.204 Spezifische Anlagekosten der Gesamtanlage in öS/kW_{el}
- 6.205 Spezifische Anlagekosten des kerntechnischen Teiles in öS/kW_{el}
- 6.206 Spezifische Anlagekosten des konventionellen Teiles in öS/kW_{el}
- 6.207 Anreicherung des U²³⁵ auf ... %
- 6.208 Uraneinsatz in t
- 6.209 Gesamtbedarf an Uran in t
- 6.210 Kosten des gesamten Uranmaterials in öS
- 6.211 Herstellungskosten des nicht im Reaktor eingesetzten Materials in öS
- 6.212 Kosten des Moderators in öS
- 6.213 Kosten des Kühlmittels in öS
- 6.214 Personalstand für die Gesamtanlage ... Personen
- 6.215 Mittlere jährliche Personalkosten in öS/Person/Jahr
- 6.216 Instandhaltungskosten in öS/kW_{el}/a
- 6.217 Sonstige Kosten (einschließlich Versicherungen) in öS/kW_{el}/a
- 6.218 Erzielbarer Abbrand in MW_{el}/t
- 6.219 Kosten des erzielbaren Abbrandes des Cores in öS
- 6.220 Transportkosten des bestrahlten Cores in öS
- 6.221 Wiederaufbereitungskosten des bestrahlten Cores
- 6.222 Spaltungsrate des U²³⁵ in g/g
- 6.223 Konversionsfaktor des ausgebrannten Elementes in g/g

6.3 Leistungsabhängige Kosten

- 6.31 Kapitalkosten der Gesamtanlage in öS/kW_{el}/a

- 6.32 Kapitalkosten des Spaltstoffes in $\text{öS/kW}_{\text{el/a}}$
- 6.33 Kapitalkosten des Moderators in $\text{öS/kW}_{\text{el/a}}$
- 6.34 Kapitalkosten des Kühlmittels in $\text{öS/kW}_{\text{el/a}}$
- 6.35 Personalkosten in öS
- 6.36 Instandhaltungskosten in öS
- 6.37 Sonstige feste Kosten in öS
- 6.38 Summe daraus in öS
- 6.39 Anteil dieser Kosten an den Selbstkosten bei 6000 h/a
- 6.4 Arbeitsabhängige Kosten
 - 6.41 Fertigungskosten des Reaktor-Cores in öS/kWh
 - 6.42 Kosten des Abbrandes in öS/kWh
 - 6.43 Transportkosten in öS/kWh
 - 6.44 Wiederaufbereitungskosten in öS/kWh
 - 6.45 Summe daraus in öS/kWh
- 6.5 Strom-Selbstkosten
 - 6.51 Anteil der leistungsabhängigen Kosten in öS/kWh
 - 6.52 Anteil der arbeitsabhängigen Kosten in öS/kWh
 - 6.53 Summe daraus in öS/kWh
 - 6.54 Plutonium-Rückvergütung in öS/kWh
 - 6.55 Differenz daraus = Stromselbstkosten ... in öS/kWh
- 6.6 Ausgabe des wirtschaftlich vertretbaren Leistungsbereiches als Kraftwerksreaktor
- 6.7 Bei welcher Leistung ist für den Reaktortyp das wirtschaftliche Optimum zu erwarten?
- 6.8 Für den unter 6.61 besprochenen Leistungsbereich sollen Näherungsformeln angegeben werden, die die Abhängigkeit der Anlagekosten in öS/kWh und der Stromerzeugungskosten in öS/kWh von der Kraftwerksleistung in MW_{el} erkennen lassen.

Die Hauptreferate können wie folgt charakterisiert werden:

Die AEG-Frankfurt hat, als sie ihre Arbeit auf dem Kernenergiesektor begann, sich besonders für den Siedewasserreaktor interessiert und diesen Reaktortyp bevorzugt behandelt. Der Grund für diese Entscheidung liegt in dem für den mit dem Siedewasserreaktor möglichen einfachen Prinzip der Energieerzeugung, nämlich der Verwendung des unmittelbar im Reaktor erzeugten Dampfes in der Turbine. Der Wegfall der Wärmetauscher macht ein derartiges Kraftwerk einem konventionellen Kohlekraftwerk sehr ähnlich, wobei an Stelle des Kessels nunmehr der Siedewasserreaktor zu treten hat. Die Verwendung des leichten Wassers als Kühlmittel und als Moderator ergibt überdies einen sehr einfach aufgebauten Reaktorkern. Er besteht im wesentlichen nur aus den in das Leichtwasser eintauchenden Brennstoffelementen, in denen das Wasser zum Sieden kommt. Bei nicht so großen Reaktorleistungen ist es möglich, den Dampf direkt dem Reaktordruckgefäß zu entziehen. Bei großen Siedewasserreaktoren sind auch noch gewisse Zusatzeinrichtungen wie Zwangsumlauf, Ausdampftrommel oder Zweikreisordnung erforderlich. Bis vor kurzem galt etwa die Ansicht, daß bis 50 MWe der Siedewasserreaktor als Naturumlaufreaktor, bis 100 MWe als Zwangsumlaufreaktor und darüber hinaus als Zwei-Kreis-Reaktor ausgebildet werden könnte. Im Zuge des technischen Fortschrittes werden diese Grenzen jedoch mehr und mehr heraufgesetzt, so daß heute bereits Naturumlaufreaktoren ohne Ausdampftrommel bis 100 MWe bis zur Baureife projektiert werden können. Mit fortschreitender Entwicklung und nach Vorliegen von Betriebserfahrungen mit großen Siedewasserreaktoren ist damit zu rechnen, daß der Naturumlauf ohne Ausdampftrommel auch für relativ große Leistungen angewendet werden kann. Wenn dies möglich ist, tritt eine beachtliche Senkung der Anlagenkosten ein.

Die Firma Atomics International (Kalifornien) erkannte bereits am Anfang des Atomkraftwerkprogramms der Vereinigten Staaten, daß die außerordentlichen Wärmeübertragungseigenschaften von flüssigem Natrium dieses zu einem vielversprechenden Kühlmittel machen. Seither wurde be-

wiesen, daß flüssiges Natrium in einem kompakten Niederdruckreaktor-System verwendet werden kann, welches ein Minimum an Pumpenergie fordert und die hohen Temperaturen liefert, die für die Dampferzeugung für moderne Turbogeneratoren notwendig sind. Die große Sicherheit des Natrium-Graphit-Reaktors erklärt sich dadurch, daß 1. der Betriebsdruck sehr gering ist, 2. daß im Reaktorkern keine chemisch unverträglichen Substanzen vorhanden sind und 3. daß sowohl unter statischen als auch dynamischen Bedingungen eine vorbildliche Stabilität erreichbar ist. Die Erfahrungen aus dem Natrium-Reaktor-Experiment zeigen, daß flüssiges Natrium gefahrlos gehandhabt werden kann. Die Auslegung des Reaktors für Hallam beweist die Betriebssicherheit des Natrium-Graphit-Reaktorkonzeptes, da bei diesem als einzigem Atomkraftwerk in den USA keine Schutzkuppel vorgesehen ist. Die Verwendung eines neuen Dampferzeugertypes bewirkt, daß an Stelle von Doppelrohren einfache Rohre treten und somit nur eine Trennwand zwischen den wärmeübertragenden Medien vorhanden ist. Da aber trotz aller bisher erzielten Erfolge noch eine Reihe von technologischen Kenntnissen notwendig sind, wurde der Vorschlag gemacht, eine fortgeschrittene Natrium-Reaktor-Versuchsanlage zu bauen. Die Vorprojektierung hierfür ist bereits abgeschlossen. Der Bau dieser Anlage wird zurzeit in Erwägung gezogen. Mit dieser Anlage, die die Vorstufe für ein Großkraftwerk darstellt, sollten folgende Fragenkomplexe geklärt werden:

1. Das Verhalten von Urankarbid-Brennstoffelementen im Neutronenfeld soll den Beweis liefern, daß solche Elemente betriebssicher sind und überdies auf die Brennstoffkosten sehr stark senkend wirken.
2. Es soll der Nachweis erbracht werden, daß ein Hochtemperatur-Natrium-Wärmeübertragungssystem ohne Schwierigkeiten betrieben und gewartet werden kann.
3. Es soll der Beweis erbracht werden, daß das primäre Kühlsystem räumlich sehr eng mit dem Reaktor verbunden werden kann, wobei als Bindeglied Rohrstücke mit Kompensatoren verwendet werden sollen.
4. Ob der Betrieb mit einem verbesserten Röhrenbehälter-Reaktorsystem in technischer Hinsicht möglich ist.
5. Wie Brennstoffelemente mit hohen Leistungsdichten technisch zu beherrschen sind.
6. Welcher thermische Wirkungsgrad bei der Erzeugung von Dampf mit 169 atü bei 566°C erreicht werden kann.

Die Firmen General Electric Comp. England, Simon Carves England und die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg haben zunächst für einen Schiffsantrieb einen neuen fortgeschrittenen, gasgekühlten, graphitmoderierten Reaktor entworfen, dessen Sicherheitsgrad besonders hoch ist. Daraus beruht auf dem hohen Unterschied zwischen der Betriebstemperatur und dem Can-Schmelzpunkt (rostfreier Stahl) und andererseits darauf, daß infolge des kompakten, mit angereichertem Uran arbeitenden, Graphit moderierten Systems der Aufbau eines positiven Moderatoroeffizienten nicht in nennenswertem Umfang stattfinden kann. Unter diesen Umständen können das Can-Material des Brennstoffelementes und der Primärkreis bereits als 1. und 2. Abschirmung gegen das Entweichen von Spaltprodukten angesehen werden. Dies hat zur Folge, daß ein äußerer Schutzbau (Kugelbehälter usw.) überflüssig sein könnte. Ausgehend von dem ersten Marinereaktor dieser Bauart hat es sich gezeigt, daß auch die horizontale Anordnung der Brennstoffelemente für größere Typen verwendet werden könnte. Auch die verbesserte Ausführung der Regelstabantriebe, die äußerst klein gehalten und in den Zugangsstandrohren untergebracht sind, konnte konstruktiv entscheidend Neues geschaffen werden. Die Brennstoffelemente, die eine völlig neue Konstruktion darstellen, können während des Reaktorbetriebes ausgetauscht werden. Die entsprechende Lademaschine kann auch die Regelstabantriebe während des Reaktorbetriebes ersetzen. Als Träger dieser Mechanismen dient ein kleiner

Goliath-Kran, der die Konstruktion der Anlage bedeutend erleichtert und verbilligt. Da die Anlage sehr kompakt gebaut ist, könnten die Kapitalkosten bedeutend gesenkt werden.

Die Firma Interatom-Bensberg/Köln berichtete über einen Reaktor, der mit einer organischen Flüssigkeit modifiziert und gekühlt wird. Allgemein trägt dieser Reaktortyp folgende Kennzeichen: Als Kühlmittel und Moderator wird ein Gemisch von Terphenylen mit einem Gehalt von 30% hochsiedender Zersetzungsprodukte verwendet. Das Core besteht aus dicht gepackten Brennstoffträgereinheiten, die in insgesamt 222 Brennelemente zusammengefaßt sind. Es ist möglich, wahlweise Elemente mit metallischem Brennstoff oder aber mit Uranoxyd einzusetzen. Der Umlauf des Kühlmittels durch die vier Primärkreisläufe erfolgt mittels Zentrifugalpumpen. Für alle Behälter, Rohrleitungen und Armaturen ist gewöhnlicher Kohlenstoffstahl als Werkzeug vorgesehen. Der maximale Betriebsdruck des Primärsystems beträgt 12 ata, die Reinigung des Kühlmittels von den hochsiedenden Zersetzungsprodukten und Verunreinigungen erfolgt in einer kontinuierlich arbeitenden Destillationsanlage. Die im Kühlmittel gelösten Gase sowie ins Primärsystem eingedringenes Wasser wird von einer Entgasungseinrichtung entfernt. Die Radioaktivität des Kühlmittels ist bei Reaktorbetrieb außerordentlich gering. Der in acht Verdampfern erzeugte Dampf hat nach Passieren von vier Überhitzern am Turbineneingang einen Druck von 55 ata bei 305°C. Dies ermöglicht einen Nettowirkungsgrad der Anlage von 29,4%.

Über den Druckwasserreaktor der Firma Westinghouse, den Druckröhrenreaktor SNDR-2 und den Mehrzweckreaktor SNDR-1b berichtete die Firma SSW-Erlangen. Bei allen drei Reaktortypen ist die Typenbezeichnung Druckwasserreaktor maßgebend, das heißt, daß das Kühlmittel in einem Kessel unter so hohem Druck steht, daß ein Sieden im Kühlmittelkreislauf des Reaktors vermieden wird. Diese Meinung gilt für die heute projektierten Druckwasserreaktoren nicht mehr mit der gleichen Strenge, wie vor etwa fünf Jahren. Um die Leistungsdichte im Kern und den thermischen Wirkungsgrad zu erhöhen, geht man mit der Betriebstemperatur immer näher an die durch den Systemdruck bedingte Siedetemperatur heran und glaubt, ein begrenztes Auftreten von Dampfbläschen unmittelbar an der Brennstoffoberfläche ohne großes Risiko dulden zu können. Eine weitere Verbesserung wäre noch im „Blasensieden“ sehen. Somit ist die Grenze zwischen Druck- und Siedewasserreaktor eigentlich unscharf geworden, da ja auch beim Siedewasserreaktor-Typ immer höhere Betriebsdrücke und inständlicher Wasserumlauf angewendet werden. Die Unterschiede in der konstruktiven Gestaltung zwischen H_2O und D_2O Druckwasserreaktoren (in den Reaktoren SNDR 2 und SNDR 1b wird D_2O verwendet) ergeben sich aus den unterschiedlichen neutronenphysikalischen Eigenschaften der beiden Medien. Bei Leichtwasser wird die Abfuhr der in den Brennstäben erzeugten Wärme nur durch hohe Strömungsgeschwindigkeiten erreicht, so daß die Brennstäbe bis an die Grenze ihrer durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit des UO_2 gegebenen Leistungsfähigkeit belastet werden müssen. Überdies führt die höhere Neutronenabsorption des Leichtwassers dazu, daß zum Reaktorbetrieb leicht angereichertes Uran erforderlich ist. Bei Schwerwasser ergibt sich der große Vorteil, daß der Reaktor mit Natururan betrieben werden kann, obwohl die Bremswirkung des Deuteriums geringer als die des Wasserstoffes ist. Die notwendige größere Zahl von Stößen zum Bremsen der Neutronen macht größere Uranstababstände und damit eine Unterteilung des Schwerwassers in ruhenden kalten Moderator und heißes, schnell strömendes Kühlmittel wünschenswert. Man kommt so konstruktiv zur Anordnung von Trennröhren, in deren Inneren sich die Brennstabbündel befinden. Die Trennröhre sind entweder für den Differenzdruck, der zur Erzeugung der Kühlmittelströmung erforderlich ist (Kesselreaktor) oder

für den gesamten „Druckwasser-Druck“ (Druckröhrenreaktor) ausgelegt. Der Druckröhrentyp wird derzeit bei Reaktoren über etwa 90 MWe vorgesehen, für die ein genügend großer Druckkessel nicht mehr hergestellt werden kann. Der schwerwiegendste Einwand, der gegen Druckwasserreaktoren immer wieder vorgetragen wird, ist der Hinweis auf die niedrige, für die Turbinen verfügbare Dampftemperatur. Bei genauer Betrachtung zeigt sich allerdings, daß der mit Sattedampf von beispielsweise 250°C erzielbare thermische Wirkungsgrad bei weitem nicht so schlecht ist, da er immerhin in der Größenordnung von 30% liegt. Bei einem Kernkraftwerk sind aber die Stromkosten, die alle Kostenfaktoren in Rechnung setzen, von entscheidender Bedeutung und bei diesen stehen die Druckwasserreaktoren in amerikanischen Vergleichen der letzten Zeit nach wie vor sehr günstig da.

Die von BBC-Baden, Schweiz, beigegebenen Diskussionsbeiträge über die Anlagekosten von Kernkraftwerken und die Kosten des baulichen Teiles von Kernkraftwerken drücken folgende Meinung aus: An Hand von Angebotswerten für Anlagen von etwa 150 MWe Leistung wird gezeigt, daß zufolge der relativ niedrigen Kosten des nuklearen Brennstoffes der Einfluß der Anlagekosten auf die Stromerzeugungskosten sehr bedeutend ist. Daneben kommt aber auch dem Gesamtwirkungsgrad der Anlage gerade beim heutigen Stand der Entwicklung eine überragende Stellung zu. Die Kosten des baulichen Teiles von Atomkraftwerken liegen derzeit im Streubereich der baulichen Kosten des konventionellen Werkes oder je nach dem verwendeten Reaktortyp knapp darüber.

Prof. MELAN lenkte in einem Kurzreferat die Aufmerksamkeit der Tagungsteilnehmer auf die Möglichkeit, den Gesamtwirkungsgrad eines Kernkraftwerkes durch Verwendung eines Selbstläufers entscheidend zu erhöhen.

Prof. MARGUERRE berichtete in einem weiteren Kurzreferat über die Möglichkeit, den Einsatz eines Kernkraftwerkes einerseits und den Wirkungsgrad der Anlage andererseits dadurch zu erhöhen, daß die Anlage mit einem ölgefeuerten Überhitzer bzw. einem Wärmespeicher kombiniert wird.

Die Diskussion über die Kennzeichnung des Reaktortypes und der dazugehörigen Kraftwerksausrüstung und über den Aufwand für die Planung des Reaktors ist durch 175 Wortmeldungen gekennzeichnet, die wie folgt zusammengefaßt werden können: Sämtliche reaktorbauenden Firmen mußten eine Unsumme von Detailarbeit, die sowohl personell als auch finanziell sehr starke Anforderungen an die Firmen stellte, leisten, bevor sie zu einem klaren Konzept ihrer Reaktoranlage kamen. Es scheint so zu sein, daß wohl die grundsätzliche Planung verhältnismäßig einfach ist, daß aber die Fertigprojektionierung in jedem einzelnen Teil so viel an Rechenarbeit und experimentellen Aufwand erfordert, daß nur Firmen mit einem ausgewählten Mitarbeiterstab hinsichtlich des nuklearen Teiles und einem entsprechenden back-ground für den traditionellen Teil in stande sind, erfolversprechende Angebote stellen zu können. Der Möglichkeit, den Gesamtwirkungsgrad des Kernkraftwerkes zu verbessern, wurde zunächst von der technischen Seite her besonderes Augenmerk geschenkt. Es scheint so zu sein, daß die fossile Überhitzung unter gewissen Umständen wieder attraktiv werden könnte. Besondere Erwähnung verdient auch der von den meisten Firmen geäußerte Wunsch, in Zukunft auf ein Containment überhaupt zu verzichten. Man glaubt, dies mit der Ungefährlichkeit der einzelnen Reaktoren begründen zu können. Bei den an und für sich weniger gefährlichen Reaktoren (Natrium-Graphit-Reaktor, organisch moderierter Reaktor) scheint in dieser Richtung der erste Schritt bereits gemacht zu sein, da in der amerikanischen Hallam-Anlage (Natrium-Graphit-Reaktor) kein Containment mehr vorgesehen ist. Interessant ist dabei, festzustellen, daß die Amerikanische Atomenergiekommission diese Bauweise als genügend ansieht, obwohl die Anlage in einem verhältnismäßig dicht besiedelten Raum aufgestellt wird.

Am zweiten Tag wurden die Brennstoffelementenherstellung und der Brennstoffzyklus diskutiert. Zu diesem Punkt und zum Regelverhalten und der Betriebssicherheit eines Kernkraftwerkes erfolgten 280 Wortmeldungen, die etwa wie folgt zusammengefaßt werden können: Die Herstellung von Brennstoffelementen mit metallischem Uran bzw. mit einer metallischen Uranlegierung, sowohl mit angereichertem als auch mit natürlichem Uran ist bis zu einem gewissen Abschluß gediehen. Dieser Abschluß besteht darin, daß für diese Elemente ein ganz bestimmter Abbrand erreichbar ist, der im Großen gesehen für die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen aber unbefriedigend ist. Es ist daher verständlich, wenn der Herstellung von Brennstoffelementen mit Uranoxyd einerseits und Urankarbid andererseits besonderes Augenmerk geschenkt wird. Eine Abkehr vom bisher üblichen Aufbau der Brennstoffelemente scheint sich durch die Versuche, keramische Brennstoffelemente herzustellen, anzubahnen. Auf Grund von kleinen Proben, die in einem Reaktor belastet wurden, glaubt man den Schluß ziehen zu können, daß mit diesen Brennstoffelementen wirtschaftlich vernünftige Abbrände erzielbar sind. Es trat aber klar zutage, daß die bisher genannten Abbrandzahlen alle nur

kraftwerk im Verbundbetrieb“ und „Kostenaufgliederung der Stromerzeugung und ihre Entwicklungstendenzen“ behandelt wurden, brachte 140 Wortmeldungen. Übereinstimmend kam man zu der Auffassung, daß das Kernkraftwerk in seinem Verhalten im Verbundbetrieb sowohl in technischer als auch wirtschaftlicher Hinsicht einem konventionellen Dampfkraftwerk sehr ähnlich ist. Man dürfte nicht fehlgehen, wenn man für das Kernkraftwerk in Abhängigkeit von der Eigenart des Verbundbetriebes dieses zwischen 4 000 bis 6 000 Stunden pro Jahr einsetzt und dann das wirtschaftliche Optimum erreicht haben dürfte. Die Lastregelung eines Kernkraftwerkes scheint zumindest von der technisch-theoretischen Seite her keine Schwierigkeiten zu bieten. Ebenso verhält es sich mit den Manövern beim Anfahren, Abschalten und Wiederanfahren. Insbesondere haben alle vortragenden Firmen darauf verwiesen, daß das Überfahren des Xenon-Berges praktisch keine Schwierigkeiten bereiten dürfte. Was die Kostenaufgliederung des aus Kernkraftwerken erzeugten Stromes betrifft, konnte insofern eine Klarstellung erfolgen, als der strukturelle Aufbau nach leistungsabhängigen und arbeitsabhängigen Kosten als richtig erkannt wurde. Die in der Tabelle 1 angeführten

Tabelle 1. Richtpreise für die Stromgestehungskosten
150-MWe-Kernkraftwerk; Kapitaldienst 14 0/0; Ausnutzungsfaktor 6 000 h/a

	Siedewasser-Reaktor	Na-Graphit-Reaktor	Gasgekühlter Reaktor	Org. Mod. Reaktor	Druckwasser-Reaktor (H ₂ O)	Druckröhren-Reaktor (D ₂ O)
Spez. Anlagekosten in öS/kWe	5 400—6 000	—	7 410	5 400	7 800	10 920
Stromgestehungskosten in öS/kWh	0,24—0,287	—	0,269	0,269	0,295	0,335

auf Grund kleiner Proben basieren. Großversuche mit ganzen Reaktor-Cores stehen noch aus. Bei der Technologie der Herstellung dieser neuen Brennstoffelemente scheinen vor allem von der Fertigungsseite her (Genauigkeit bei der Herstellung von Tabletten, Toleranzen einhalten beim Einführen der Tabletten in die Can-Rohre) gewisse ermutigende Fortschritte erzielt worden zu sein. Hinsichtlich der Urankarbid-elemente ist die Entwicklung erst in den Anfangsstadien und es bleibt abzuwarten, wie man die Technologie des Uran-Karbides beherrschen wird können. Über das Regelverhalten von Atomkraftwerken konnte nur ein bedingt endgültiges Urteil gefällt werden, da noch zu wenig Werke tatsächlich in den Netzbetrieb eingeschaltet sind. Es zeigt sich, daß die Regelvorgänge für den Reaktor selbst beherrschbar sind, und zwar so, daß auch der Einsatz in einem Netz durchaus erfolgversprechend sein wird. Über die Betriebssicherheit und die Strahlensicherheit von Atomkraftwerken wurde aus Zeitmangel nicht mehr diskutiert. Es muß hier auf die Originalberichte verwiesen werden.

Der dritte Tag, an dem die Fragenkomplexe „Das Kern-

Stromkosten aus einem 150-MWe-Kernkraftwerk gelten derzeit höchstens als Richtpreise. Es trat klar zutage, daß annähernd vergleichbare Preise erst dann erzielbar sein werden, wenn die Voraussetzungen für die Stromkostenberechnungen eindeutig und klar erarbeitet worden sind. Es ist möglich, daß auf der in Kürze von der Internationalen Atombehörde einberufenen Sitzung zu diesem Punkt eine gewisse Klärung geschaffen werden kann. Es muß nochmals betont werden, daß den weiter unten angeführten Angaben unter keinen Umständen ein verbindlicher Charakter innewohnt¹).

Abschließend sei noch darauf verwiesen, daß auf Tagung zwei Filme, nämlich ein Film über den Natrium-Graphit-Reaktor einerseits und über das englische Kernkraftwerk Hunterston andererseits, gezeigt wurde.

Dr. W. KUNZ, Studienabteilung für Energieübertragung der Verbundgesellschaft, Wien

¹ In einem im Herbst d. J. erscheinenden Sonderheft der Zeitschrift E und M können sowohl die zur Tagung eingereichten Berichte und die von den Hauptreferenten gehaltenen Vorträge als auch die ausführliche Wiedergabe der Tagungsdiskussion nachgelesen werden

Energiewirtschaftliche Kurzberichte

TRIGA-Reaktor für Finnland. Das Finnische Ministerium für Handel und Industrie hat am 31. Mai mit der General Dynamics Corporation einen Vertrag für die Lieferung des ersten Atomreaktors für Finnland abgeschlossen. Das für den Betrieb des Reaktors angereicherte Uran wird von der Internationalen Atomenergie-Agentur (IAEA) bezogen. Der von General Dynamics Atomic Division entwickelte und gebaute TRIGA-Reaktor ist für das neugegründete Reaktor-Lehr-, -Forschungs- und -Versuchszentrum an der

technischen Hochschule in Otaniemi bei Helsinki bestimmt und wird 1961 in Betrieb genommen. Er wird der erste Versuchs-Reaktor in Europa sein, der kurzfristig auf höhere Leistung gebracht werden kann. Der 100-kW-TRIGA-Reaktor stellt ein vielseitiges Forschungsinstrument mit hervorragender Eigensicherheit dar. Die IAEA spielt hier erstmals die Rolle eines „Weltvermittlers“, um den Mitgliedstaaten den Ankauf von Versuchsreaktoren und Spaltstoffen zu erleichtern. Das Uran wurde

von den USA, Großbritannien und der UdSSR der IAEA zur Verfügung gestellt. Die Einzelheiten über die Lieferung von angereichertem Uran wurden zwischen der IAEA und den USA festgelegt. Als Spaltstoff dient 20%ig angereichertes Uran, welches von der General Atomic zu den neuartigen homogenen Spaltstoff-Moderator-Elementen aus Uran-Zirkon verarbeitet wird, wie sie im TRIGA verwendet werden. Das Uran wird vom USA-Vorrat an Spezial-Spaltstoffen der Agentur geliefert.

Der finnische TRIGA-Reaktor ist ein oberirdisches „Mark 2“-Modell, das mit seiner thermischen Kolonne und den Öffnungen für Neutronenstrahlen große Vorteile für Forschung und Versuche bietet. Im Dauerbetrieb arbeitet er mit einer (thermischen) Leistung von 100 kW und kann für Bruchteile einer Sekunde auf wesentlich höhere Leistungen gebracht werden.

Bei der Unterzeichnung des Vertrages war Prof. Dr. E. A. LAURILA, Vize-Präsident der Technischen Hochschule von Finnland und führender skandinavischer Wissenschaftler, an-

wesend, ferner Prof. Dr. P. JAUHO, Vorsteher der Abteilung für Kernphysik der Hochschule, unter dessen Aufsicht der TRIGA-Reaktor betrieben wird.

Am 22. Januar 1960 sagte das in Wien einberufene Board of Governors der IAEA Finnland seine Unterstützung bei der Beschaffung des TRIGA-Reaktors und einer „Kritischen Anordnung“ sowie der Lieferung der Spaltstoffe für beide Projekte zu.

Generaldirektor STERLING COLE der IAEA erwähnte, daß die Agentur als Vermittler für die Beschaffung von Finnlands TRIGA-Reaktor sowie der „Kritischen Anordnung“ zur Erfüllung einer der wichtigsten Aufgaben gekommen sei: die Belieferung der Mitgliedstaaten mit angereichertem Uran. Sie ist heute Wirklichkeit geworden.

Nahezu 20 TRIGA-Reaktoren der General Dynamics sind bereits auf fünf der sechs Kontinente in Betrieb und stehen zu Versuchs- und Forschungszwecken sowie zur Isotopenherstellung für medizinische, landwirtschaftliche und technische Belange zur Verfügung.

Buchbesprechungen

Einführung in die Atomphysik. Von W. FINKELNBURG. Fünfte und sechste Auflage. Mit 266 Abbildungen, XI, 537 S. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer-Verlag. 1958. Ganzleinen DM 45,—.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Standardbuches zum Studium der Atom- und Kernphysik sind 25 000 Bände gedruckt worden. Daß innerhalb von zehn Jahren bereits sechs Auflagen erschienen sind, spricht einerseits für die Qualität des Werkes, andererseits aber wird damit die rapide Entwicklung auf diesem Wissensgebiet bestätigt.

Im Vorwort zur fünften und sechsten Auflage sagt der Autor, daß das Ziel, einen möglichst großen Leserkreis mit seinem Buch zu erfassen, offenbar erreicht wurde. Er sagt ferner, daß versucht wurde, soweit das bei der Erhaltung des Charakters dieses Buches möglich schien, den neuesten Stand der Forschung — auch durch Revision sämtlicher Zahlenwerte — mit einzuarbeiten.

An vielen Beispielen findet man diese Aussage bestätigt. Da sind vor allem die Reaktorphysik, die Neutronenphysik, die letzten verwertbaren Erkenntnisse und experimentellen sowie theoretischen Tatbestände über Mesonen und Hyperonen und der Antiteilchen angeführt. Ein Abschnitt über Astronukleonik scheint auf, ebenso wie eine übersichtliche und klare Einführung in die Quanten- und Wellenmechanik.

Folgende Kapitel sind in der Einführung in die Atomphysik behandelt:

Eine Einleitung, die sich mit der Geschichte der Atomphysik und ihrer Entwicklung bis zur technischen Verwertbarkeit befaßt, steht voran. Hierauf folgt allgemeines über Atome, Ionen, Elektronen, Atomkerne und Photonen. Ein weiteres Kapitel befaßt sich mit dem Atombau und den Atomspektren. Dieser Abschnitt unterscheidet sich nicht wesentlich von anderen Lehrbüchern ähnlicher Art.

In der quantenmechanischen Atomtheorie als weiteres Kapitel wird hingegen versucht und auch erreicht, dem Anfänger eine klare und einleuchtende Übersicht über das Gebiet zu geben sowie die Leistungen und die Grenzen und auch die philosophische Bedeutung der Quantenmechanik aufzuzeigen.

Aus dem Kapitel der Physik der Atomkerne und aus dem Kapitel der Physik der Moleküle sind interessante Abschnitte wie die Kernspaltung, die Kernspaltungsbombe, die Freimachung nutzbarer Atomenergie in Kernreaktoren u. ä. behandelt.

Das letzte Kapitel befaßt sich mit der Festkörperatom-

physik in Form des festen und flüssigen Zustandes der Materie.

Eine Tabelle der wichtigsten atom- und kernphysikalischen Konstanten und Beziehungen ist angeschlossen.

Zur Erleichterung für den Anfänger sind nach jedem Kapitel einige wichtige Literaturhinweise gegeben, die das tiefere Eindringen in die Materie ermöglichen sollen. Dem fortgeschrittenen Leser geben diese Literaturzitate vielleicht Anlaß zur Kritik, weil naturgemäß das eine oder andere wichtige Zitat nicht mit berücksichtigt ist. Man könnte aber auch sagen, daß man damit den höheren didaktischen Wert erkauft.

M. J. HIGATSBERGER, Wien

Atomkraft. Der Bau ortsfester und beweglicher Atomantriebe und seine technischen und wirtschaftlichen Probleme. Von F. MÜNZINGER. Dritte, umgearbeitete, stark erweiterte Auflage. Mit 260 Abbildungen und 83 Tabellen, XII, 304 S. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer-Verlag. 1960. Geb. DM 42,—.

Der verlässlichste Maßstab für die Wertschätzung eines Buches durch den Leser ist die Anzahl der Auflagen. Die „Atomkraft“ Münzingers, deren zweite Auflage ich im Heft 8 des Jahrganges 1957 besprochen habe, liegt nunmehr in der „dritten, umgearbeiteten, stark erweiterten Auflage“ vor. Es spricht für das Buch Münzingers, daß die dritte Auflage in einem Zeitpunkt erscheint, in welchem der Energiewirtschaftler eingesteht, daß für ihn das Atomzeitalter in einem größeren als bisher vermuteten Zeitabstand liegt. Diese Tatsache bestätigt auch Münzinger, denn nach ihm wird „das Hauptgeschäft in nuklearen Antrieben in den nächsten 10 bis 15 Jahren die Marine und nicht der ortsfeste Kraftwerksbau sein“.

Die dritte Auflage ist durch die Kapitel „Atomkraft und zweite industrielle Revolution“ und „Atomantrieb für ortsbewegliche Anlagen“ ergänzt. Die vorangegangenen Kapitel berücksichtigen die inzwischen erzielten Fortschritte und Erkenntnisse.

O. VAS, Wien

Nukleonik. Schriftleitung: A. BOETTCHER, W. FINKELNBURG, herausgegeben unter der Mitarbeit von zahlreichen Fachgelehrten. Die Zeitschrift erscheint zwanglos in einzelnen berechneten Heften. 1960; etwa 2/3, Band-Maximalpreis DM 45,—.

Die im Springer-Verlag Berlin-Wilmersdorf erscheinende Zeitschrift Nukleonik hat mit dem im Dezember 1959 er-

schienenen Heft 9 den ersten Band abgeschlossen, der nunmehr vollständig vorliegt. Das Heft 9 enthält Arbeiten von VERLY, HUNEBELLE, THOMAS, CICCARONE, VINCENT, MÄNNER, SPRINGER, DUSEK, OLDEKOP, ÖZEMRE, SMETS und SIZMANN.

DIE SCHRIFTFLEITUNG

Who's Who in Atoms. An International Reference Book.

Volume I A—K, Volume II L—Z. Advisory Editor:

A. W. HASLETT M. A., Vallancey Press 132—134 Fleet Street, E. C. 4 London. 1960. £ 10,10s.

An den Arbeiten auf dem Gebiete der Atomtechnik sind eine sehr große, sich stets steigende Anzahl von Personen

und Organisationen beteiligt, so daß es auch dem engeren Fachmann nicht mehr möglich ist, alle deren Namen zu behalten. Es ist daher zu begrüßen, daß der Verlag Vallancey Press ein Namensverzeichnis aller Mitarbeiter an dem Gemeinschaftswerk der Atomtechnik in einem zweibändigen, „Who's Who in Atoms“ betitelten Werk aufstellte, das nunmehr erschienen ist. Die zwei Bände umfassen rund 1 000 Seiten, pro Seite werden — geschätzt — 40 Namen von Mitarbeitern angeführt und ihre Mitarbeit kurz skizziert, so daß das herausgebrachte Werk — wieder geschätzt — 40 000 Mitarbeiter der Atomtechnik behandelt.

DIE SCHRIFTFLEITUNG

DAS ATOMKRAFTWERK

Jahrgang (1960)

Beilage zu ÖZE 13, 1960, Heft 12

Nr. 5/6

Reaktorzentrum Seibersdorf

Von Univ.-Doz. Dr. MICHAEL J. HIGATSBERGER

Technisch-wissenschaftlicher Geschäftsführer der Österr. Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H.

Mit 13 Textabbildungen

I. Einleitung

Nach feierlicher Einweihung durch Kardinal Dr. FRANZ KÖNIG eröffnete Bundeskanzler Ing. JULIUS RAAB am 29. September 1960 das Reaktorzentrum Seibersdorf.

Bundespräsident Dr. ADOLF SCHÄRF setzte höchst persönlich die erste sich selbst erhaltende Kettenreaktion im „Astra“-Reaktor in Gang. Rund 500 hohe und höchste Vertreter aus Kreisen des Staates, der Wirtschaft und Wissenschaft aus dem In- und Ausland wohnten der Eröffnungsfeier bei.

Etwa eineinhalb Jahre nach Gründung der Öster-

reichischen Studiengesellschaft für Atomenergie Ges. m. b. H. wurde die Gesellschaft durch Ministerratsbeschluß vom November 1957 beauftragt, die Projektierung, den Bau und den Betrieb eines allen Belangen Österreichs dienenden nationalen Forschungszentrums zu übernehmen.

Die Studiengesellschaft wurde außerdem beauftragt, alle Fragen, die sich aus der friedlichen Anwendung der Atomenergie in Österreich ergeben, zentral zu fassen und zu behandeln. Dazu gehört neben der Errichtung des Forschungs- und Reaktorzentrums auch die Wahrnehmung der österreichischen Interessen bei den internationalen Prototyp-Reaktorprojekten der OEEC, dem norwegischen Halden-Schwerwasser-Siedewasser- und dem Dragon-Hochtemperatur-Reaktorprojekt in England sowie verschiedener anderer internationaler Aktivitäten.

Die Planung des Forschungszentrums, dessen Kernstück der „Astra“-Reaktor (adaptierter Schwimmbecken-Reaktor Austria) ist, wurde von der Bauabteilung der Österreichischen Elektrizitätswirtschafts-AG. (Verbundgesellschaft) zusammen mit den Technikern der Studiengesellschaft durchgeführt.

Die Planung des Forschungszentrums wurde vorwiegend als eine Ingenieur-Aufgabe betrachtet und elementsprechend behandelt. Trotzdem konnte aber der

Fehler vermieden werden, den Architekten nur als nachträglichen Gestalter der vom Ingenieur festgelegten Konstruktionen wirken zu lassen.

Es wurde von allem Anfang an versucht, eine möglichst einheitliche Gestaltung aller Anlagen zu erreichen (Abb. 1).

II. Geländeauswahl

Bereits zu Beginn 1958 waren Forschungs- und Untersuchungsteam damit befaßt, in der näheren Umgebung von Wien gelegene und in die engere Wahl gezogene Aufstellungsplätze für die Errichtung des

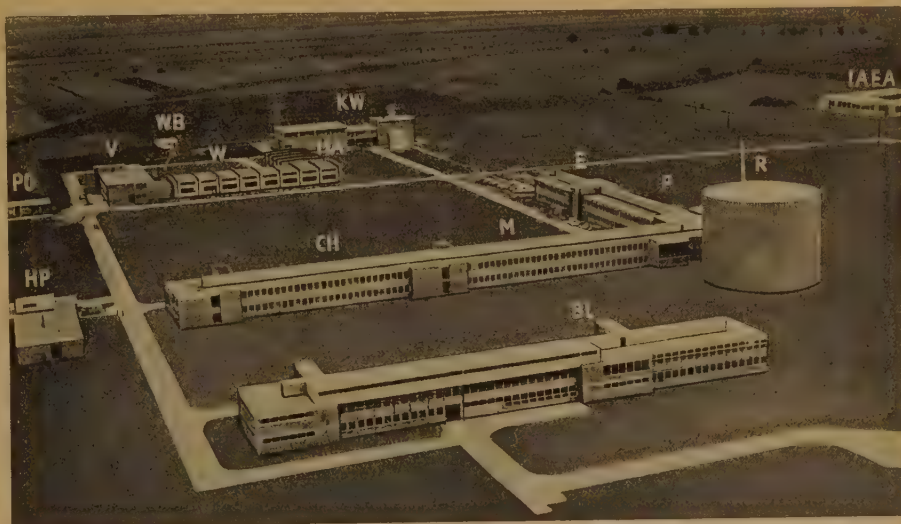


Abb. 1. Reaktorzentrum Seibersdorf

HP Strahlenschutz
PO Portierhaus
V Verwaltung
WB Wasserbehälter
W Werkstätte

MA Magazin
KW Krafthaus
E Elektronik
P Physik

R Reaktor
M Metallurgie
Ch Chemie
Bl Biologie

Reaktorzentrums durchzumustern. Diese Fachleute versuchten gemeinsam mit den zuständigen Behörden die erforderlichen Maßnahmen abzustimmen, die notwendig erschienen, um einen sicheren Reaktorbetrieb für die nähere und weitere Umgebung zu gewährleisten.

Nach anfänglich negativer Einstellung der Bevölkerung im Raum südöstlich von Wien beschloß die Gemeinde Seibersdorf, sich um die Aufstellung der Anlagen in ihrem Gemeindegebiet zu bewerben. Die Detailuntersuchungen im Gebiet Seibersdorf fielen positiv aus und daher wurde im Juli 1958 ein Territorium von etwa 110 ha Land dort angekauft. Die Bauarbeiten begannen intensiv im November 1958 (Abb. 2).

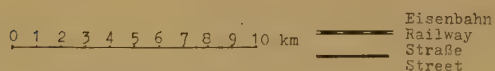


Abb. 2. Lage des Reaktorzentrums

III. „Astra“-Reaktor

Die wesentlichsten Aufgaben des Reaktorzentrums sind, die Grundlagenforschung im eigenen Wirkungsbereich abzuführen, den wissenschaftlichen Forschungsinstituten in Österreich Mitarbeitsmöglichkeiten zu gewähren und vor allem Forschungs- und Entwicklungsaufträge für Industrie und Wirtschaft durchzuführen.

Da das Gebiet der Atomenergie sich über fast alle Bereiche der Naturwissenschaften und der Technik erstreckt, war es notwendig, neben dem Reaktor auch zahlreiche Labortoren und Nebeneinrichtungen zu schaffen.

Das Konzept des „Astra“-Reaktors wurde in einer internationalen Ausschreibung 1957 festgelegt. Es war dabei ver-

sucht worden, einen hochgezüchteten Forschungsreaktor zu entwickeln, der auch für Materialtests sich eignet.

Die Firma American Machine & Foundry Company hat die günstigsten Vorschläge unterbreitet und ihr wurde der Hauptkontrakt für den Forschungsreaktor übertragen, wobei alle baulichen und konventionellen Anlagenteile der Studiengesellschaft vorbehalten blieben.

Während des Großteils der Installations- und Testperiode wurden die Organe der Studiengesellschaft von einem erfahrenen Ingenieur der American Machine & Foundry Company in technischen Fragen beraten.

Der „Astra“-Reaktor ist ein Leichtwasser-moderierter, heterogener Typ mit festem, hochangereichertem Brennstoff. Demineralisiertes Wasser wird für Kühl- und Abschirmzwecke verwendet.

Der Reaktorkern ist in einem Aluminiumtank, der mit Wasser gefüllt ist, untergebracht (Abb. 3).

Im unteren Teil des Tanks ist der Hauptteil der experimentellen Einrichtungen untergebracht. Strahlrohre — runde, quadratische und auch zweifach durchgehende — führen vom Reaktor-Core durch das demineralisierte Wasser und die Schwerbetonabschirmung in die Reaktor-Halle.

Eine Anordnung ist auch vorhanden, die es gestattet, eine ganze Seite des Reaktorcores für Bestrahlungen großer Proben zu verwenden. Oberhalb des Aluminium-Tanks ist eine U-förmige

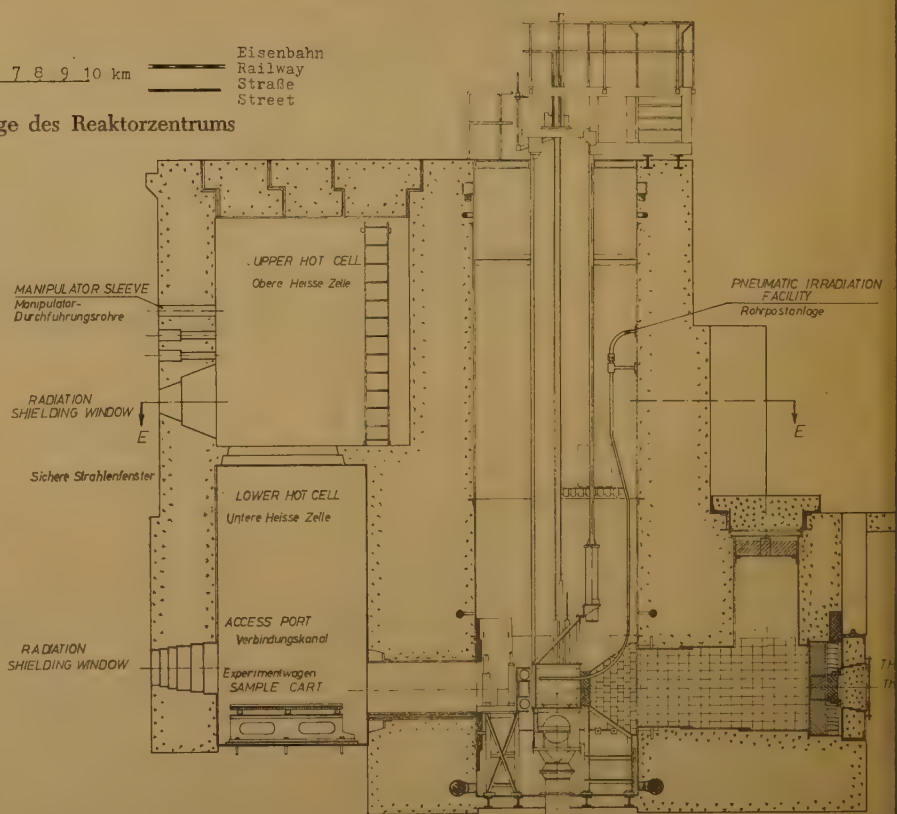


Abb. 3. Schnitt durch den „Astra“-Reaktor mit Tank und anderen Komponenten

Stahlkonstruktion angebracht, in der die Antriebe für die Regelstäbe untergebracht sind.

Die Regel- und Leistungseinstellung des Reaktors wird mittels Neutronen-absorbierender Stäbe erreicht, die durch Elektromagnete mit dem Antriebsmechanismus gekoppelt sind. Die Betätigung der Antriebe erfolgt vom Schaltpult in der Reaktorwarte.

Die Wärmeenergie, die bei der Kernspaltung frei wird, wird durch forcierte Umwälzung von demineralisiertem Wasser durch das Reaktor-Core und die Bodenplatte abgeführt. Außerhalb des Reaktorgebäudes befindet sich ein Wärmeaustauschsystem, bestehend aus zwei Aluminium-Wärmeaustauschern und zwei korrespondierenden Kühltürmen.

A. Reaktorgebäude

Das zylindrische Reaktorgebäude ist in Abb. 4 im Schnitt dargestellt. Es besteht aus einem Betonzylinder von 25 cm Wandstärke, 350 mm Wassersäule Überdruck im Inneren des Gebäudes kann aufgenommen werden. Dieser Wert wurde gewählt, um den Ergebnissen der Boraxexperimente Rechnung zu tragen. Der Innendurchmesser des Zylinders beträgt 26 m und die Höhe im Mittelpunkt des Gebäudes etwa 24 m. Mit Hilfe einer Gleitschalung und durch Betonieren in einem Zuge wurde eine monolithische armierte Betonkonstruktion errichtet und die Gaseichtheit wesentlich verbessert.

Die Einrichtungen innerhalb des Gebäudes sind so angeordnet, daß möglichst große Arbeitsflächen mit größtmöglicher Flexibilität gegeben sind. Ein Rundlaufkran mit einem 10-t- und einem 2-t-Haken erleichtert die Bewegung und den Transport schwerer Anlagenteile.

Das Reaktorgebäude ist in drei Stockwerke unterteilt. Im untersten Stockwerk zur ebenen Erde sind die diversen Strahlrohre, die thermische Säule und die untere „heiße“ Zelle angeordnet.

Das Zwischengeschoß überdeckt etwa zwei Fünftel der Fläche des Erdgeschosses. Zugang und Betriebsmöglichkeit zur oberen „heißen“ Zelle, zur Trockenkammer-Bestrahlungseinrichtung und zum senkrechten Ansatz der thermischen Säule ist gegeben.

Um die verfügbare Arbeitsfläche im Erdgeschoß zu vergrößern, wurden zahlreiche Kabelleitungen vom Bereich der Strahlrohre zum Balkon des Mittelgeschosses im Fundament geführt. Dies gestattet, einen Großteil der registrierenden Elektroeinrichtungen auf den Balkon des Zwischengeschoßes zu verlegen. Ebenfalls im Mittelgeschoß ist der Großteil der Be- und Entlüftungseinheiten untergebracht.

Im Obergeschoß ist die Reaktorregel- und Kontrollwarte untergebracht. Außerdem besteht die direkte Zugangsmöglichkeit zum Reaktortank und zur oberen „heißen“ Zelle. Genau so wie im Zwischengeschoß führt ein Balkon rundum im Obergeschoß. Auch dort besteht die Möglichkeit, elektronische Apparate unterzubringen.

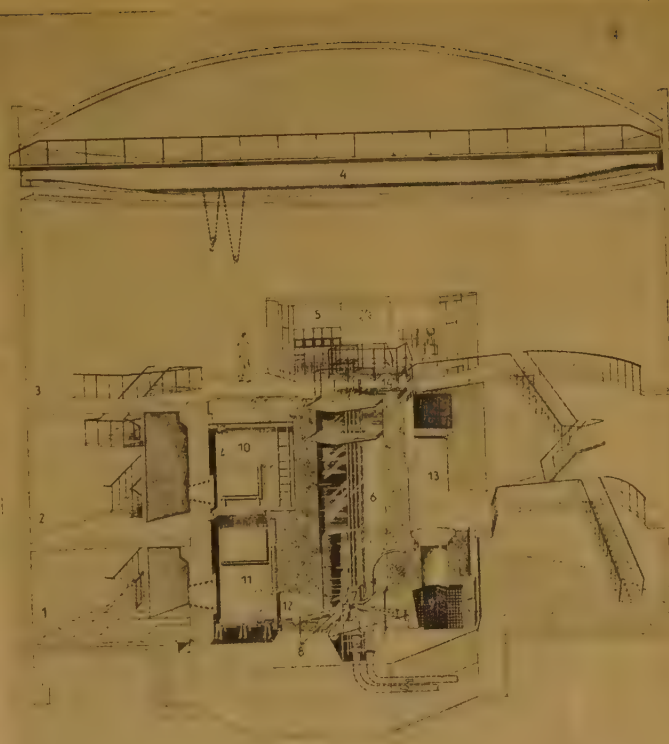


Abb. 4. Schnitt durch das zylindrische Reaktorgebäude

- | | | |
|-----------------|----------------------|-----------------------|
| 1 Erdgeschoß | 6 Wassertank | 11 Untere Heiße Zelle |
| 2 Mittelgeschoß | 7 Reaktor Core | 12 Verbindungskanal |
| 3 Obergeschoß | 8 Strahlrohre | 13 Trockene Gamma- |
| 4 Kran | 9 Thermische Kolonne | Bestrahlungskammer |
| 5 Schaltwarte | 10 Obere Heiße Zelle | |

B. Experimentelle Möglichkeiten

Die experimentellen Einrichtungen sind derart, daß — wie vorher erwähnt — die Möglichkeiten eines Forschungsreaktors und Materialtestreaktors kombiniert sind (Abb. 5 und 6).

Fünf 15-cm- ϕ -Strahlrohre und ein 30 cm ϕ quadratisches Strahlrohr sind in einer horizontalen Ebene

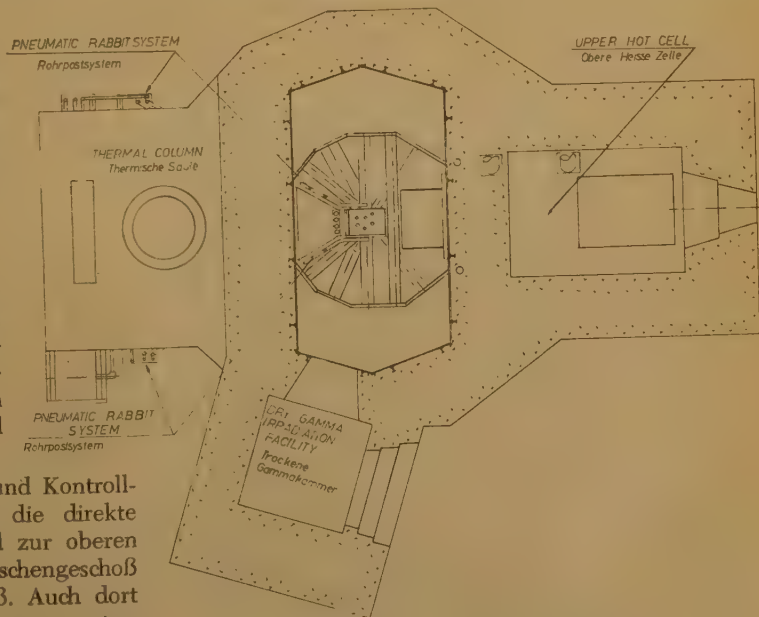


Abb. 5. Schnitt durch experimentelle Einrichtungen

angeordnet. Zwei 15-cm- ϕ -Strahlrohre enden nicht direkt am Schwerbetonmantel, sondern sind zurückgesetzt in Kavernen. Dies hat den Vorteil, Anordnungen zu installieren, z. B. ein Kristallspektrometer, das dann nach außen hin entsprechend abgeschirmt werden kann, ohne der verfügbaren Experimentierfläche in der Reaktorhalle Platz wegzunehmen.

Weiters stehen zwei durchgehende Strahlrohre zur Verfügung, die durch die Schwerbetonabschirmung von einer Seite zur anderen laufen und den Tank in der Höhe und nahe dem Reaktor-Core durchsetzen. Alle Strahlrohre können mit demineralisiertem Wasser gefüllt werden und besitzen außerdem Entlüftungsvorrichtungen.

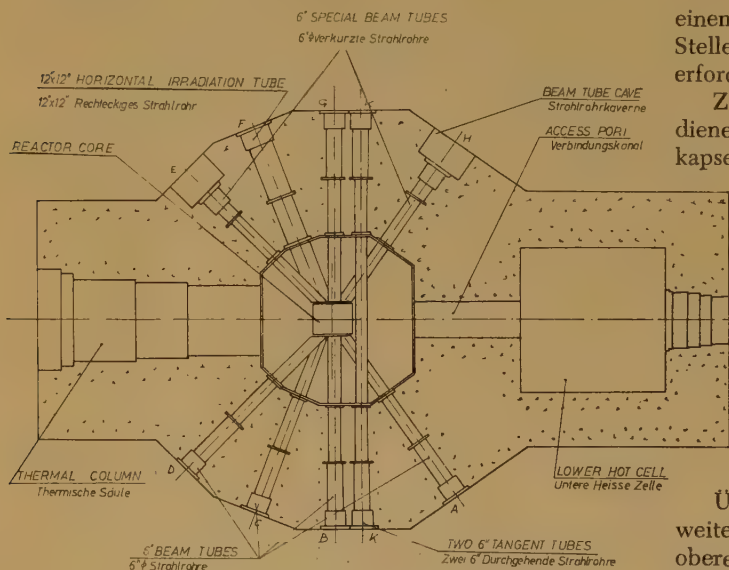


Abb. 6. Querschnitt in Strahlrohrhöhe

Zwei Rohrpostanlagen und eine hydraulische Anlage gestatten, Proben auf schnellem Weg in das Reaktor-Core oder nahe an das Reaktor-Core heranzubringen. Es sind auch Installationen vorgesehen, die die bestrahlten Proben auf kurzem Weg in entsprechend adaptierte Laboratorien verbringen.

Eine thermische Kolonne aus zusammengesetzten Graphitblöcken mit Bleiabschirmung ist ebenfalls eingebaut. In einem senkrechten Ansatz zur thermischen Kolonne von etwa 2 m Länge und 1 1/2 m Durchmesser ist Raum zum Testen von Brennstoffelementen vorgesehen.

C. Untere „heiße“ Zelle

Für den Reaktorbenutzer ist der Anbau von zwei „heißen“ Zellen direkt an das Reaktorbecken, verbunden durch einen Kanal in Core-Höhe, besonders vorteilhaft.

Die untere „heiße“ Zelle befindet sich in Höhe des Reaktor-Cores und ermöglicht die Verwendung einer gesamten Core-Seitenfläche für Bestrahlungsexperimente. Die Versuchsanordnungen werden auf einem ferngesteuerten, handbetriebenen Experimentierwagen montiert.

Der Wagen rollt mittels Zahnradantrieb durch einen Verbindungskanal aus der gefluteten unteren „heißen“ Zelle an die Reaktorbrennstoffanordnung heran. Untere „heiße“ Zelle, Verbindungskanal und Reaktortank, alles

aus Aluminiumblechen bestehend, sind zu einer Einheit verschweißt.

Ein hydraulisch betätigtes, wasserdichtes Vertikalrohr erlaubt, den Reaktortank gegen die „heiße“ Zelle hin abzuschließen.

Das Füllen und Entleeren der unteren „heißen“ Zelle wird von einem unabhängigen Pumpensystem besorgt, welches mit dem wasserdichten Vertikalrohr s. verriegelt ist, daß ein versehentliches Entleeren des Reaktortanks nicht möglich ist.

Die Ventile zum Fluten und Entleeren sind ferngesteuert und werden elektropneumatisch betätigt. Der Experimentierwagen, auf dem die zu untersuchenden Proben oder Anordnungen montiert sind, besteht aus einem Aluminiumrahmen und Boralplatten an jenen Stellen, die Abschirmung von thermischen Neutronen erfordern.

Zehn Zentrierlöcher im oberen Teil des Wagens dienen zur genauen axialen Befestigung eines eingekapselten Experiments. Die Zahnradantriebe reichen vom Experimentierwagen in das Obergeschoß des Reaktorgebäudes und werden von dort aus bedient.

Um auch optisch Zugang zur unteren „heißen“ Zelle zu bekommen, wurde ein Strahlenschutzabschirmendes Fenster aus Bleiglas von etwa einem Meter Dicke in einem Aluminiumrahmen, welcher mit der Auskleidung der unteren „heißen“ Zelle verbunden ist, montiert.

D. Obere „heiße“ Zelle

Über der unteren „heißen“ Zelle befindet sich eine weitere Zelle, die trocken und nicht flutbar ist. Diese obere „heiße“ Zelle dient zum Auf- und Abbau von Strahlungs-Experimenten. Sie ist von der unteren „heißen“ Zelle durch ein wasserdichtes Rohr getrennt.

Um möglichst vielseitige Verwendungsmöglichkeiten zu erzielen, ist die obere „heiße“ Zelle mit einem von außen zu bedienenden 1-t-Kran, zwei Manipulatoren, einem entsprechenden Bleiglasfenster und allen nötigen Bedienungsanschlüssen, wie Strom, Wasser, Druckluft usw., ausgerüstet.

Eine abhebbare Betonabdeckung im Bereich des Obergeschosses ermöglicht bei Einführung und Entnahme von Experimenten sowie für Instandhaltungsarbeiten den Zugang zur oberen „heißen“ Zelle.

E. Trocken-Gamma-Bestrahlungseinrichtung

Um die ausgebrannten Brennstoffelemente während der Abkühlzeit vor ihrer Versendung zur Aufbereitungsanlage im „Astra“-Reaktor auszunützen, wurde auf der Höhe des Tankabsatzes im Bereich des Mittelgeschosses eine Trocken-Gamma-Bestrahlungskammer angebaut.

Ein quadratisches Aluminiumfenster von der Größe 60 × 60 cm ist mit der inneren Tankwand verschweißt.

Die Fenstereinfassung aus Aluminium erweitert sich gegen die Außenseite des Tanks, um eine Bestrahlung in der Zelle hinter dem Fenster aus möglichst weitem Winkel zu ermöglichen.

Die hochaktiven Brennstoffelemente dienen als Gamma-Quelle und werden in einem Gestell vor dem Fenster gelagert. Der Zugang zur Bestrahlungseinrichtung erfolgt durch ein in den Angeln bewegliches To-

von 10 t mit Abstufungen und entsprechender Schirmwirkung durch Schwerbeton.

F. Zusätzliche Bestrahlungs-Einrichtungen

Experimente mit höchstem Neutronenfluß bei gegebener Reaktorleistung können durchgeführt werden, indem ein Brennstoff- oder Reflektorelement im Reaktor-Core durch eine Materialprobe ersetzt wird, die in einem Aluminiumgehäuse eingekapselt ist und eine ähnliche Form wie die Brennstoffelemente aufweist.

Zusätzliche Gamma-Quellen im Tank stehen in den freien Räumen zwischen den Strahlrohren auf Core-Höhe oder am Tankabsatz in der Nähe der Lagerstätte für verbrauchte Brennstoffelemente zur Verfügung.

Primäre Gamma-Strahlung kann auch in zwei vertikalen Strahlrohren im Beton des Tanks ausgenützt werden, welche vom Obergeschoß bis zur Höhe des Erdgeschosses hinabreichen. Für entsprechende Abschirmung, auch gegen Strahlung, ist Vorsorge getroffen.

Die wichtigsten Daten für den „Astra“-Reaktor lauten:

Brennstoff	90% angereichertes U 235 in U-Al-Verbindung. MTR-Type. Aluminiumüberzogene Anordnung. 18 (16 aktive, 2 gewöhnliche) Platten pro Element
Leistung	5 MW Wärme
Kalte reine kritische Masse	2,9 kg
Gesamtreaktivitätsüberschuß	7%
5 MW kritische Masse:	
betriebskritische Masse	3,332 kg
Wert des Kontrollsystems	— 16,35% Δ k/k
Bodenplatte	54 Löcher in 6 \times 9-Anordnung
Flußdichte:	
durchschnittlich thermisch	$4,2 \times 10^{13}$ n/cm ² /sec
Flußdichte:	
durchschnittlich schnell	$1,15 \times 10^{14}$ n/cm ² /sec
Flußdichte am Strahlrohrentritt: thermisch	$2,1 \times 10^{13}$ n/cm ² /sec
Moderator	H ₂ O
Reflektor	H ₂ O und Graphit
Abschirmung	H ₂ O, Blei, Schwerbeton
Kühlung	Primärkreis — Wärmeaustauscher Sekundärkreis — Kühlturm
Wasserreinigung	kontinuierliche Demineralisation eines Teiles des Primärwassers
Kontrolle	5 B ₄ C-Cd-überzogene Abschaltstäbe 1 rostfreier Stahl-Regulierstab
Bestrahlungseinrichtungen	2 15-cm- ϕ -Spezialstrahlrohre 5 15-cm- ϕ -Strahlrohre 1 30 cm ϕ quadratisches Strahlrohr 2 pneumatische Rohrpostanlagen 1 hydraulische Rohrpostanlage 1 thermische Säule mit vertikaler Bestrahlungskammer 2 15 cm ϕ durchgehende Strahlrohre 1 Trocken-Gamma-Bestrahlungseinrichtung 2 „heiße“ Zellen, direkt mit dem Reaktortank verbunden

Betriebsbedingungen:

Primär-Wasserdurchflußrate	189 l/sec
Kühlmitteleinlaßtemperatur	38 °C
Kühlmittelausgangstemp.	45 °C
Sekundärwasserdurchflußrate	157 l/sec
Sekundärkühlmitteleinlaß	31 °C
Sekundärkühlmittelauslaß	39 °C
Durchflußrate der Demineralisationsanlage	6,3 l/sec

(Abb 7).



Abb. 7. Fertiggestellter „Astra“-Reaktor

Experimentell wurde die kalte reine kritische Masse mit 3 190 g U 235 gefunden.

Die Brennstoffelemente waren in einer 5 \times 4-Anordnung eingebracht und bestanden aus 14 Standardelementen und 6 Kontrollelementen (Abb. 8).



Abb. 8. Reaktor Core von oben gesehen

Nach Fertigstellung der Anlage und nach befriedigenden Tests der wichtigsten Anlageteile und -einrichtungen begannen unmittelbar O-Energie-Experimente, die zum Ziele haben, alle relevanten und interessanten Daten zu messen, die bei Reaktorleistungen bis zu etwa 10 W gegeben sind.

Diese umfassen neben der Meßtechnik und der Leistungskalibrierung vor allem die Bestimmung der Wirkung der Abschaltstäbe und des Regulierstabes und deren Einfluß auf die Flußverteilung im Reaktor-Core, Temperaturkoeffizient, Reaktivitätswert der Brennstoffelemente in verschiedenen Positionen usw.

IV. Institute und Nebenanlagen

Forschungsreaktoren werden in erster Linie dafür gebaut, das Verhalten der Neutronen zu studieren und die Neutronen- und Gammastrahlung für Untersuchungen zum Studium und zur Beeinflussung der Materie heranzuziehen.

Da der Reaktor also nicht Selbstzweck, sondern Hilfsmittel in der Naturforschung und Technik ist, muß man zur sinnvollen Ausnützung eines Forschungs- und/oder Testreaktors die Laboratorien und Einrichtungen zur Hand haben, die das Gebiet abzutasten gestatten, auf dem man Grundlagen- und Entwicklungsforschung betreiben will.

Im wesentlichen unterscheiden sich solche Laboratorien von denen der konventionellen Art dadurch, daß fast ausschließlich mit radioaktiven Substanzen gearbeitet wird.

A. Elektronik-Institut

Geht man von der Kernphysik und der Reaktorphysik als primäres Gebiet aus, so ergibt sich von selbst, daß diese beiden Sparten einschließlich der Reaktortechnik undenkbar wären ohne die mannigfachen Hilfsmittel der Elektronik.

Es ist eine Selbstverständlichkeit geworden, daß man sich in der modernen Forschung bei allen schwierigen Messungen elektronischer Geräte bedient.

Diese neuen Forschungs- und Entwicklungsaufgaben

passen aber weder ganz in das Gebiet der Nachrichtentechnik, noch sind sie mit rein physikalischer Ausbildung beherrschbar. Einzig die konventionelle Regentechnik findet ein weites Anwendungsgebiet für die Regel- und Kontrollaufgaben beim Reaktorbetrieb.

Auch die anderen im Reaktorzentrum Seibersdorf gebauten Laboratorien für Chemie, Metallurgie, Biologie und Strahlenschutz hängen in gewissem Umfang von den elektronischen Hilfsmitteln des Elektronik-Institutes ab und partizipieren gewissermaßen bei manchen Arbeiten des Physik-Institutes.

Das Institut für Elektronik war eines der ersten Institute, das den Betrieb aufnahm und das zur Zeit praktisch voll ausgelastet arbeitet.

Aus der Aufgabenstellung ergab sich die Notwendigkeit, das Elektronik-Institut frühzeitig in Betrieb zu setzen.

Neben der Entwicklung neuer Instrumente und Geräte hat das Institut die Aufgabe, das Service der vorhandenen Instrumente aller Institute zu übernehmen und schließlich fällt ihm die bedeutungsvolle Aufgabe zu, die Reaktorelektronik instandzuhalten und zu verbessern (Abb. 9).

B. Institut für Physik

Das Physik-Institut, personell mit etwa zwei Dutzend Wissenschaftlern und Technikern neben der Reaktorgruppe zur Zeit am stärksten besetzt, arbeitet mit vier Arbeitsgruppen. Eine Arbeitsgruppe „Massenseparator“, eine Arbeitsgruppe „Neutronen- und Reaktorphysik“, schließlich eine Arbeitsgruppe „Theoretische Physik“ und eine Arbeitsgruppe „Kernspektroskopie“ ist vorhanden.

Ein Massenseparator zum Trennen von Einzelisotopen in Gramm-Quantitäten ist im Aufbau, nachdem die elektronen-optischen Voraussetzungen an einem Modell erfolgreich erprobt wurden. Dieses Modell mit einem 180°-Ablenk-Magneten und inhomogener Feldausbildung wurde zu einem Massenspektrometer umgebaut.

Das Hauptprogramm des Isotopenseparators wird dem Problem gewidmet sein, alle Spaltprodukte der Kernspaltung möglichst rein darzustellen und entsprechende Targets für weitere physikalische und chemische Untersuchungen vorzubereiten.

Es ist geplant, die kurzlebigen Isotope an Ort und Stelle zu untersuchen und die länger lebigen Substanzen an interessierte Forschungszentren ins Ausland zu verschicken.

Die Gruppe Neutronen- und Reaktorphysik hat mit Hilfe von Neutronenquellen Plutonium, Beryllium und Polonium Beryllium Neutronenmeßmethoden entwickelt, die Absolutmessungen mit geringen Fehlergrenzen gewährleisten.

Zur Zeit ist diese Gruppe damit beschäftigt zusammen mit der Reaktorbetriebsgruppe die Flußverteilung im Reaktorkern, den Einfluß der Kontrollstäbe und andere wichtige reaktorphysikalische Informationen zu bestimmen. Der Aufbau eines Neutronen-Kristallspektrometers wurde in die Wege geleitet.

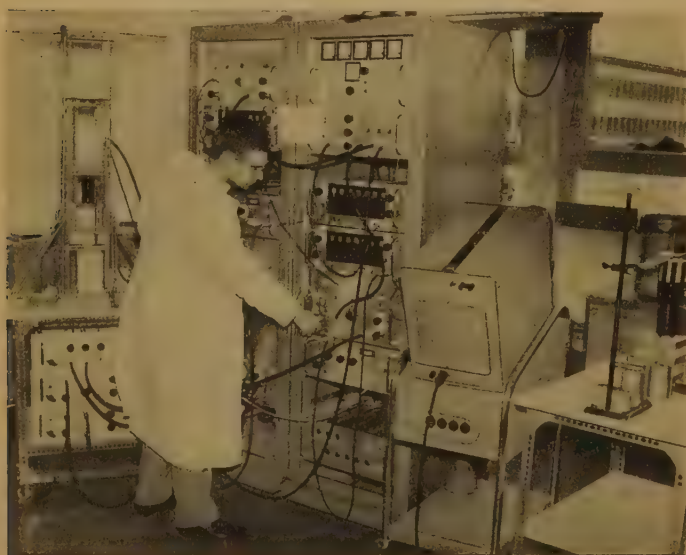


Abb. 9. Typische Meßanordnung im Elektronik-Institut entwickelt

Basierend auf Entwicklungsarbeiten, die in den letzten Jahren an einigen Hochschulinstituten in Österreich durchgeführt wurden, unter Ausnützung der uns zur Verfügung stehenden internationalen Entwicklungsergebnisse, wurden besondere Elektronikgeräte zur Ausstattung der Arbeitsgruppe Kernspektroskopie entwickelt.

Eine Koinzidenz-Meßanordnung mit extrem hohem Auflösungsvermögen wurde entwickelt und in Betrieb genommen. Die Koinzidenzuntersuchungen werden mit Sekundärelektronenvervielfachern und Szintillationspektrometern durchgeführt. Die Tätigkeit der theoretischen Gruppe erstreckt sich auf die Vorbereitung und Unterstützung der physikalischen und der anderen Forschungsprojekte.

In die Kernspektroskopie hinübergreifend, wird von der Theoretischen Gruppe z. B. das Zerfalls-Schema der Uran-238 vom Standpunkt der Modelltheorie untersucht, theoretische Überlegungen über die Beziehung zwischen Isotopenmodell und kollektiven Kerneigenschaften und die Erweiterung der Kenntnisse des Zerfalls kurzlebiger Substanzen mittels Reaktoraktivierung und anschließender Massenseparatoranalyse, Beobachtung kurzlebiger neutroneninduzierter Aktivitäten, Paritätsexperimente an orientierten Kernen, Beta-Gamma-Winkelkorrelationsmessungen u. ä. mehr begonnen (Abb. 10).

C. Strahlenschutz-Institut

Dem Strahlenschutz-Institut kommt besondere Bedeutung durch die Reaktorinbetriebnahme zu. Nach wie vor werden Luft-, Wasser-, Pflanzen- und Bodenproben im Umkreis vom Reaktorzentrum aufgesammelt und vermessen.

Diese Arbeiten sind bereits seit einem Jahr im Gange und erlauben, einen guten Durchschnittswert für die natürlichen Aktivitäten in diesem Bereich anzugeben (Abb. 11).

Die Strahlenschutzeinrichtungen und -meßgeräte im Reaktorgebäude und im Pumpenkeller (20 Beta-, Gamma- und Neutronen-Meßstellen) werden direkt von der Strahlenschutzabteilung betreut. Eine weitere Meßgruppe außerhalb des Reaktorgebäudes leitet die Meßergebnisse der zentralen Strahlenschutzüberwachungsanlage zu. Ebenfalls in den Bereich des Strahlenschutzes fällt der personelle Strahlenschutzdienst, der betriebsärztliche Dienst, der Entaktivierungsdienst, eine meteorologische Station, die dem Strahlenschutz-Institut angeschlossen ist, ebenso wie die Betriebsfeuerwehr.

Zur Aufsammlung von Proben außerhalb des Reaktorzentrums wird ein fahrbares Laboratorium eingesetzt.

D. Institute für Chemie, Metallurgie, Biologie und Landwirtschaft

Teils wegen späteren Baubeginns, teils aber auch wegen der umfangreicheren Installationen, sind die Institute für Chemie, Metallurgie, Biologie und Landwirtschaft noch nicht in Betrieb genommen.

Es wird damit gerechnet, daß die beiden Institute für Chemie und Metallurgie etwa zu Beginn 1961 ihren Betrieb aufnehmen, während das Institut für Biologie und Landwirtschaft

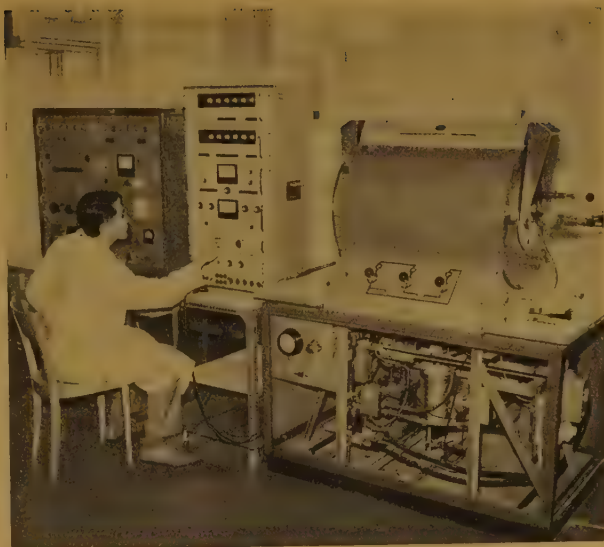


Abb. 10. Siegbahn-Slätis β -Spektrometer in Betrieb

seine Forschungstätigkeit etwa im März 1961 aufnehmen kann.

E. Versorgungsbetriebe und Administration

Umfangreiche Nebenbetriebe wurden zur Versorgung des Reaktors und der Forschungsinstitute errichtet.

Die Energieversorgungsanlage wird vom öffentlichen Netz her angespeist mit einer Leistung von 3 MW und 60 kV, weiters von einem separaten Flußkraftwerk, das mit dem öffentlichen Netz nicht verbunden ist (Leistung 400 kW) und schließlich einem betriebseigenem Dieselaggregat von 500 kW-Leistung.

Die Versorgung des Reaktors und des Reaktorgebäudes wurde nach dem Gesichtspunkt möglichst großer Sicherheit gestaltet.

Das Reaktorzentrum ist mit 30 Hauptanschlüssen an das Wiener Fernsprechnetz angeschlossen. Eine moderne Telephonzentrale erlaubt den automatischen Telephonverkehr mit den meisten europäischen Staaten.

Die weitverstreute Anordnung der Gebäude bedingte die Errichtung einer Fernheizung (Abb. 12).



Abb. 11. Meßlabor im Strahlenschutz-Institut

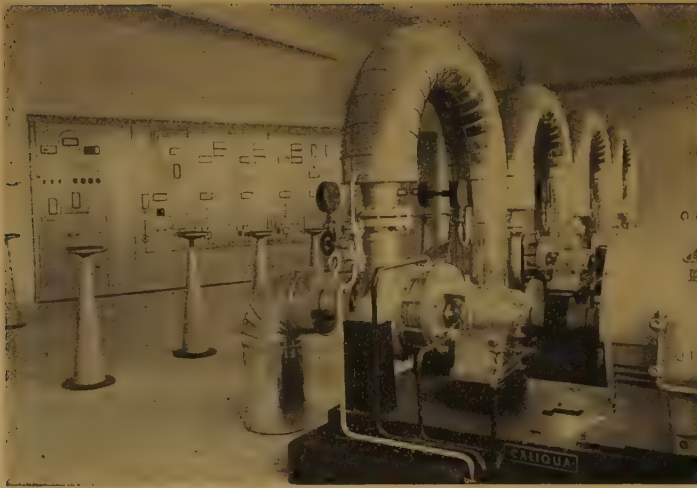


Abb. 12. Schaltraum der Fernheizungsanlage

Für den Wasserbedarf des Reaktorzentrums steht eine Brunnenanlage mit z. Zt. 20 l/sec Fördermenge zur Verfügung. Über eine Leitung von 1 760 m aus Asbest-Zement-Rohren wird das Wasser in einem 500 m³ Vorratsbehälter in das Reaktorzentrum gepumpt.

Die Tankanlage gestattet bei Wasserversorgungsschwierigkeiten aus der Brunnenanlage das Reaktorzentrum etwa eine Woche in Vollbetrieb zu halten.

Hinsichtlich der Abwasserbeseitigung wurde eine Trennung in Niederschlagswasser, in Fäkalabwässer, in sonstige normale Abwässer und in die Gruppe chemisch verunreinigte und schwach radioaktive Abwässer vorgenommen.

Eine chemische Aufbereitungsanlage wird alle chemisch verunreinigten und radioaktiven Abwässer bis zu einer Aktivität von 10^{-3} $\mu\text{C}/\text{cm}^3$ aufbereiten.

Stark aktive Abwässer werden von den Labors mittels Transportbehältern direkt zur Aufbereitungsanlage gebracht.

F. Werkstätte

Die zwei ersten Objekte, die etwa neun Monate nach Baubeginn in Betrieb gingen, waren die Zentralwerkstätte und das Magazin. Für diese Einheiten wurde die Stahlkonstruktion der Hallenbauten gewählt, da Erweiterungen und Änderungen bei Stahlbauten an jeder beliebigen Stelle ohne umständliche Maßnahmen möglich sind.

Außerdem war beabsichtigt, Werkstätte und Magazin möglichst frühzeitig fertigzustellen, um sie bei den Arbeiten am Reaktor voll einsetzen zu können.

Die wichtigste Bauphase für die Werkstätte und das Magazin fiel in die Winterzeit. Es mußte daher der größte Teil aller Bauelemente als Fertigteile ausgebildet werden, so daß außer den Fundamenten nur wenige Teile aus Mauerwerk oder Beton bestehen.

Die Werkstätte ist in der Lage, praktisch alle feinmechanischen Anfertigungen auszuführen, aber auch komplizierte größere Teile können bearbeitet werden.

Wegen der relativ großen Entfernungen von Wien sind mit der mechanischen Werkstätte kombiniert eine Tischlerei, eine Glasbläserei, eine Schmiede, eine Schweißwerkstätte, eine Lackiererei, eine Vernickelungs-

und Materialveredelungsanlage und eine Elektrowerkstätte (Abb. 13).

V. Industrielle Auswirkungen

Obwohl die Hauptaufgaben des Reaktorzentrums auf Grundlagen- und angewandte Forschung abzielen, wurde von allem Anfang an versucht, die österreichische Industrie und Wirtschaft möglichst weitgehend in den praktischen Erzeugungs- und Bauprozess einzuschalten.

Der Hauptkontraktor für den Seibersdorf-Reaktor, AMF Atomic, American Machine Foundry Company, New York, fand sich bereit, vertraglich zuzusichern, schon beim Bau des ersten österreichischen Kernreaktors unsere Industrie optimal einzuschalten.

Tatsächlich wurden 80% des Gesamtaufwandes für den Reaktor an österreichische Firmen vergeben. Der Reaktor mit seinen dazugehörigen Nebeneinrichtungen verschlang etwa 43 Millionen Schilling aus dem 130-Mill.-Investitionsbudget, das für die gesamten Anlagen und Einrichtungen für Seibersdorf zur Verfügung stand. Die zahlreichen Laboratorien, Werkstätten, Magazin, Verwaltung, Krafthaus usw. und der überwiegende Teil der Einrichtungen für diese Einrichtungen stammen von österreichischen Erzeugern und Betrieben.

Will man in der industriellen Anwendung der Atomenergie weiterkommen, müssen die Tausende von Sonderproblemen einer Lösung zugeführt werden. Bessere Ideen oder neue Wege können mithelfen, die Anlagekosten zu vermindern und die Lebensdauer der Anlage zu erhöhen. Mit diesen notwendigen Voraussetzungen wollte die Studiengesellschaft aber auch die praktische Einschaltung möglichst vieler österreichischer Firmen beim Bau der Einrichtungen von Seibersdorf von allem Anfang an erreichen.



Abb. 13. Werkstätte im Betrieb

Da keine wesentliche industrielle Betätigung unmittelbar in der Umgebung von Seibersdorf selbst existiert, wurde der Wunsch nach breiter Streuung der Aufträge streng nach dem Prinzip des Bestbieters bei technisch akzeptablen Lösungen auf natürliche Weise unterstützt und gefördert. Bei der Vergabe der größeren Aufträge ergab sich auf Grund der natürlichen Auslese eine günstige Verteilung über das ganze Bundesgebiet. Zu Beginn der Arbeiten, als die Konjunkturren Höhepunkt noch nicht erreicht hatte, konnten Arbeitskräfte aus den niederösterreichischen Notstandsgebieten herangeführt und eingesetzt werden. Diese Maßnahme mag auch einen kleinen Anteil zur raschen Überwindung der dortigen Nachkriegsschwierigkeiten beigetragen haben.

Die wichtigsten Phasen beim Aufbau des Reaktorzentrums Seibersdorf erstrecken sich über die Jahre 1959 und 1960. Der tatsächliche Baubeginn erfolgte im November 1958. Bis zum Eröffnungstag wurden in etwa 600 Arbeitstagen etwa 100 000 Mannschichten gearbeitet. Mehr als zwei Drittel davon waren Facharbeiterschichten. Im Durchschnitt waren etwa 200 Arbeiter täglich fast zwei Jahre hindurch beschäftigt. Der Spitzenumsatz von Arbeitern betrug fast 400. Seit Baubeginn waren mehr als 170 Firmen in Seibersdorf tätig, wobei durchschnittlich mindestens 20 Firmen gleichzeitig am Zentrum arbeiteten. Baufirmen, Kanal- und Wasserleitungsbau-, Rohrleitungs-, Kunststoff verarbei-

tende Firmen, Bauhandwerker, Schlosser, Installateure, Elektrofirmen und fast hundert andere Sublieferanten und Firmen waren tätig.

Für den Reaktor selbst waren sechzig verschiedene Industriefirmen eingesetzt, wovon 16 Großbetriebe, 30 Mittelbetriebe und 14 Kleinbetriebe waren. Von ausländischen Firmen waren am Reaktor der Hauptkontraktor AMF Atomics, die Brennstoffherzeugerfirmen Metals & Control Nuclear Inc. und einige andere Firmen tätig.

Aus den Erfahrungen und der Statistik kann man ersehen, daß ein repräsentativer Querschnitt der österreichischen Wirtschaft und Industrie bei der Errichtung der Anlagen in Seibersdorf mitgewirkt hat. Es kann mit Anerkennung festgestellt werden, daß viele der beteiligten Firmen nicht in dem unmittelbaren finanziellen Gewinn ihre Chance sahen, sondern in der Sammlung von Erfahrungen. Viele prinzipielle Probleme traten auf, oft so radikal neu, daß auch große Unternehmungen mit guten und besten Arbeitskräften nur mit großer Anstrengung die mitunter völlig unerwarteten Forderungen erfüllen konnten.

Ein Hauptmerkmal verbleibt. Die größten Chancen in der Atomwirtschaft liegen im Aufsuchen grundsätzlich neuer Lösungen, und das Finden dieser neuen Lösungen wird dazu beitragen, die Kernenergie in nicht allzu ferner Zeit konkurrenzfähig zu machen.

Energiewirtschaftliche Kurzberichte

Die nachfolgenden 16 Staaten verpflichteten sich zur Einhaltung von Haftpflichtbestimmungen bei Schäden, die durch Atomunfälle verursacht wurden: Belgien, Dänemark, Deutsche Bundesrepublik, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und Türkei. Die Unterzeichnung der Konvention erfolgte zwischen 29. Juli und 31. Oktober 1960. Das Übereinkommen sichert den Geschädigten eine angemessene und gerechte Entschädigung, ohne dadurch die Entwicklung und Verwendung von Atomenergie zu friedlichen Zwecken ungebührlich zu belasten.

Die wesentlichen Grundsätze der Konvention sind:

a) ausschließliche und absolute Haftung — also unabhängig vom Nachweis eines Verschuldens — des Unternehmers der betreffenden Kernanlage;

b) zeitliche Begrenzung der Haftung (10 Jahre nach dem Unfall);

c) Begrenzung der Haftungssumme (grundsätzlich 15 Mio Dollar);

d) Verpflichtung des Unternehmers, sich mittels Versicherung oder einer anderen finanziellen Garantie für seine Haftung zu decken;

e) Zuständigkeit eines einzigen Gerichtes für alle aus demselben Unfall erwachsenden Klagen und automatische Vollstreckbarkeit des Urteils in allen Unterzeichner-Staaten der Konvention (bzw. in allen Staaten, die später ihren Beitritt zu dieser vollzogen haben).

Die Konvention tritt nach Ratifizierung durch fünf Unterzeichner-Staaten in Kraft.

Zeitschriftenschau

Die Sicherheit in Atomenergie-Anlagen. Organisatorische und radiologische Probleme in der Kontrolle der Kritikalität. Von C. M. NICHOLLS und B. A. J. LISTER, Technische Rundschau Nr. 41, Bern, 30. September 1960, S. 5 und 7.

Die größte Gefahr für das Personal einer Aufbewahrungsstelle von spaltbarem Material ist das Zustandekommen einer Kernspaltungskettenreaktion. Unter den Voraussetzungen der bestehenden Praxis ist das Auslösen einer Kettenreaktion unwahrscheinlich, das Freiwerden der Energie wird sich über eine relativ lange Zeitspanne ausdehnen.

Die Folgen eines Unfalles lassen sich nicht voraussehen. Unfälle waren an Systemen mit Flüssigkeit festzustellen. Der Umfang der Unfälle erfährt eine Beschränkung dadurch, daß durch Erhitzung die Dichte des Wassers verkleinert und daß durch Verdünnen oder Verdampfen die kri-

tische Konzentration des Moderators, auf das spaltbare Material bezogen, verändert wurde. Hierbei wurden 10^{16} bis $3 \cdot 10^{18}$ Kernspaltungen (0,1 bis 30 kWh) frei. Meistens stellen sich die unerwünschten Leistungsanstiege selbst ab. Bei einem Unfall in Oak Ridge (USA) traten Stöße mit Neutronen- und Gammastrahlung mit tödlichen Dosen auf. Gegebenheiten für Unfälle können auch ohne äußerliches physikalisches Symptom auftreten.

Unfallverhütung setzt vor allem die Kenntnis der physikalischen Vorgänge voraus. Hierüber ist eine derartig umfangreiche Literatur erschienen, die nicht mehr übersehen werden kann, so daß sich die Abhaltung von Kursen empfiehlt.

Für die Anordnung der erworbenen Kenntnisse über Neutronen- und Gammastrahlung werden die folgenden organisatorischen und administrativen Maßnahmen zur Vermeidung von Unfällen vorgeschlagen:

- 1) Festlegung der Verantwortlichkeit,
- 2) Nachweis der Ungefährlichkeit eines jeden durchzuführenden Experiments,
- 3) Überprüfung der unter 2) geforderten Nachweise durch geeignete Fachleute,
- 4) Kontrolle der Sicherheitsvorkehrungen durch geeignetes Personal.

Jeder Versuch muß vom Versuchsleiter verantwortet werden, der die sich auslösenden Gefahren zu erfassen und zu beherrschen weiß. Er hat den Nachweis zu erbringen, daß der von ihm durchzuführende Versuch ungefährlich ist, seine Beweisführung ist zu überprüfen.

Es lassen sich meist die Ausrüstungen für Experimente mit spaltbarem Material derart ausführen, daß die Verluste an Neutronen die kritische Grenze nicht erreichen. Stehen solche Einrichtungen nicht zur Verfügung, so muß zu tunlichst sicheren Methoden der Materialkontrolle gegriffen werden, wie z. B. zur Beschränkung der Menge, die in einem Gebäude oder in einem Raum zuzulassen ist. Eine genaue Lager- und Evidenzhaltung des spaltbaren Materials muß dessen bedenkliche Anhäufung an einer Stelle unmöglich machen.

Erfahrungsgemäß werden Sicherheitsvorkehrungen fallweise mißachtet, so daß das gewissenhafteste Ausarbeiten der Sicherheitsmaßnahmen bei solchen Fällen nicht ausreicht. Dann sind Notfallmaßnahmen zu ergreifen, wie Betätigung eines Warnsystems, Evakuierung, Strahlenüberwachung des Personals u. ä. Unentbehrlich ist in jeder Anlage eine zuverlässige Alarminstrumentierung. Diese möge den Ort der Vorfalles lokalisieren können. Von der Zuverlässigkeit der Warnanlage hat die behördliche Bewilligung zur Betriebsaufnahme abzuhängen. Das Lokalisieren des Vorfalles durch die Alarminrichtung läßt sich derzeit nicht durchführen. Das Evakuieren der gefährdeten Räume muß durch eingehende Vorschriften festgelegt werden. Am zweckmäßigsten ist es, die Evakuierung durch zeitgerecht durchgeführte Übungen vorzubereiten. Für ausreichende Fluchtwege ist vorzuzorgen.

Aus zwei Gründen ist es anstrengenswert, die Strahlungsdosen zu kennen, die eine gefährdet gewesene Person erhielt: 1) um die medizinische Überwachung und Behandlung dieser Person sofort veranlassen zu können, und vor allem 2) um zu einem späteren Zeitpunkt genaue Angaben über die wahren biologischen Dosen für Forschungszwecke zu erhalten. Für die Bestimmung der Dosen stehen mehrere Wege offen. Für die relative biologische Wirksamkeit von Neutronen bei chronischer Exposition läßt sich die Dosis angeben, für den Fall akuter Exposition wird vorerst noch kein Fall angegeben.

Reaktorgraphit in der Bundesrepublik. Von E. FITZER und K. W. F. ETZEL: Atom und Strom. 6. Jg. Folge 10, Beilage zur Elektrizitätswirtschaft 1960, H. 20, Frankfurt a/Main.

In der Deutschen Bundesrepublik gelang es, den ausländischen Vorsprung auf dem Gebiet des Reaktorgraphits wettzumachen, Sonderentwicklungen vorzubereiten und damit den Bau von Hochtemperaturreaktoren zu fördern. Mit „Graphit“ wird sowohl der Werkstoff der Bleistifte als auch der der Großelektrode bezeichnet. Kunstkohle im allgemeinen und Elektrographit im besonderen werden durch gemeinsame Wärmebehandlung eines Verbandes aus Kohlenstoffkörnern und einem kohlenstoffhaltigen Bindemittel gebildet. Der Naturgraphit ist im Erdinneren unter dem Einfluß von Druck und Temperatur aus kohlenstoffhaltigen Substanzen gebildet worden. Bevorzugt wird er in Pulverform, z. B. als Schmiermittel in der Gießertechnik verwendet. Graphit gehört zu den höchstschmelzenden Materialien (4000°C bei 150 at Druck). Graphit ist ein guter Wärme- und Elektrizitätsleiter von erheblicher Festigkeit und Elastizität, er zeichnet sich durch große chemische Beständigkeit aus.

Kohlenstoff ist ein leichtes Element mit der Ordnungszahl 6, also nach Wasserstoff, Helium, Lithium, Beryll-

ium und Bor das leichteste aller Elemente. Die Kernspaltung fordert leichte Elemente zum Abbremsen der durch die Uranspaltung frei werdenden Neutronen mit 2000 eV der Energie der thermischen Neutronen. Neben dem Abbremsvermögen bestimmt auch das Absorptionsvermögen den Moderierungswert. Für technische Moderatoren kommen leichte Elemente in Frage, die eine sehr geringe Absorption für thermische Neutronen zeigen. Diese Eigenschaft wird durch den Absorptionsquerschnitt definiert. Der Quotient aus Streuvermögen und Absorptionsquerschnitt gibt den Moderierungswert. Der höchste Moderierungswert kennzeichnet den besten Moderator.

Graphitformkörper werden nach dem keramischen Arbeitsverfahren hergestellt: Bildung einer plastischen Masse mit Bindemitteln, hierauf Brennen. Je nach der Art des verwendeten Ausgangskohlenstoffes als Korn und der Temperaturbehandlung des Formkörpers sind diese Kunstkohlekörper mehr oder weniger „graphitisch“. Ein bereitgraphitischer Kohlenstoff, z. B. Naturgraphit- oder Elektrographitpulver, als Ausgangskorn ergibt nach dem Brennen einen Mischkörper aus graphitischem Korn und nichtgraphitischem Bindebrücken. Wichtig ist die Gruppe der Elektrographitformkörper. Sie bestehen aus gut leitenden Graphit und sind fest verbunden. Die Bindung der einzelnen Körper durch Bindebrücken ähnelt einer Sinterung oder Verschweißung.

In der Kerntechnik verwendete erstmalig FERMI 1942 Graphit als Moderator. Plutoniumbrüter arbeiten bis heute ebenfalls ausschließlich mit Graphit als Moderator, weil Graphit der billigste von den für Natururan in Frage kommenden Moderatoren ist. Erste Konkurrenten für Graphit als Moderator sind Schwerwasser (bei Verwendung von Natururan) und Wasser (bei Verwendung von angereicherten Brennstoffen). Die britische und französische Technik bevorzugt Graphit als Moderator. Praktisch konzentriert sich das Interesse fast aller mit der Entwicklung von Hochtemperaturreaktoren beschäftigten Arbeitsgruppen auf Graphit.

Es werden je Reaktor 2000 bis 5000 t Graphit benötigt, somit 1% der derzeitigen Weltkapazität (rd. 400 000 t jährlich). Auch für wassermodierte Reaktoren wird Graphit, und zwar als Reflektor, gebraucht. Vom Reaktorgraphit wird Reinheit, Dichte und Strahlungsbeständigkeit gefordert.

Seit zwei Jahren werden in der Deutschen Bundesrepublik Reaktorgraphite in höchster Reinheit hergestellt (99,999%). Das wahre spez. Gewicht von Graphit liegt bei 2,25 bis 2,26 g/cm³, das Raumgewicht von üblichen Elektrodenarten jedoch bei 1,65 bis 1,75. Im Rahmen der Reaktorgraphit-Entwicklung ist es gelungen, Kunstkohlekörper bis zu 1,8 herzustellen (im Ausland erzeugte Sorten weisen den Wert 1,6 bis 1,75 g/cm³ auf). Grundsätzlich verhält sich Graphit wie ein Metall, und eine Ionisierung tritt als Folge der Bestrahlung nicht auf.

Es zeigte sich, daß die Strahlenschädigungen von Graphit ungefährlicher sind als die in den Brennelementen. Die Lebensdauer des Reaktors ist durch die der Umhüllung der Elemente bestimmt. Die Strahlenschädigungen an Graphit heilen bereits während des Betriebes aus, wenn die Temperatur etwa 200 bis 300°C beträgt. Je höher die Bestrahlungstemperatur ist, um so geringer sind die Wirkungen der Bestrahlung bezüglich Änderung der physikalischen Eigenschaften des Graphits. Die in der Deutschen Bundesrepublik erzeugten Elektro-Reaktorgraphitsorten weisen Änderungen durch Bestrahlung auf, die nicht ungünstiger sind als die der Sorten des Auslandes.

Das SCHULTEN-Projekt des Kugelreaktors beruht auf der Verwendung von gasundurchlässigem Graphit. Es ist gelungen, Reaktorgraphitkugeln mit Endpermeabilitäten von 10^{-6} cm² · s⁻¹ herzustellen. Diese Graphitkugeln übernehmen die Funktionen der bisher aus Metall hergestellten Brennstoffhüllen. Es darf vorausgesetzt werden, daß diese Graphitsorten als neuer Werkstoff allgemeine Anwendung in der Technik finden werden.



Das Schloß Belvedere erstrahlt anlässlich der ersten Wiener Ton- und Lichtspiele in hellem PHILIPS-Licht und stellt das Können erfahrener PHILIPS-Lichttechniker bei der Lösung repräsentativer Beleuchtungsaufgaben unter Beweis.

PHILIPS Licht

ein leuchtendes Beispiel!



wkm

MASSEKABEL bis 60 kV

KUNSTSTOFFKABEL
bis 10 kV

FERNMELDEKABEL
für Orts- und Fernverbindungen

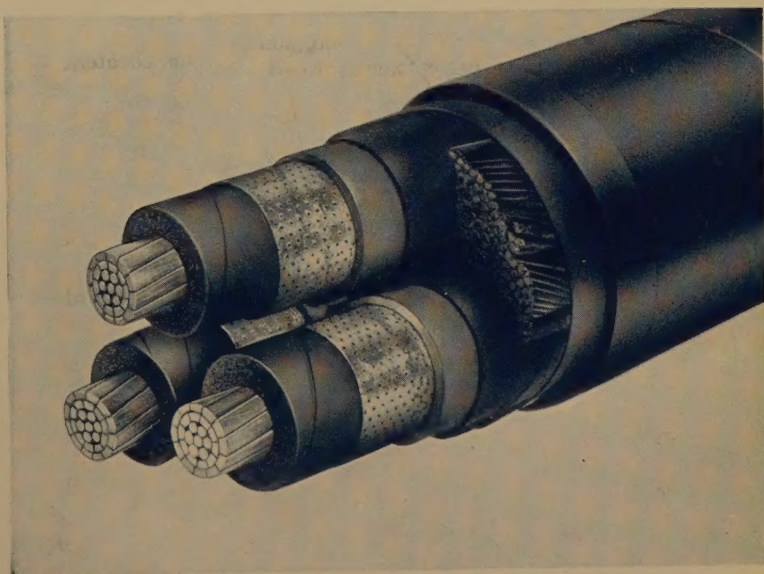
ISOLIERTE LEITUNGEN
und DRÄHTE
für Stark- und Schwachstrom

FREILEITUNGSSEILE

*

Hochwertige Materialien
Modernste Einrichtungen
Sorgfältige Fertigung

*



WIENER KABEL- UND METALLWERKE AG.



60
JAHRE
ERFAHRUNG
IM
ZÄHLERBAU

REIMER & SEIDEL

DIE ÖSTERREICHISCHE ELEKTRIZITÄTSZÄHLERFABRIK

MA

DAS STROMVERSORGUNGSUNTERNEHMEN
 DES LANDES OBERÖSTERREICH



OBERÖSTERREICHISCHE
KRAFTWERKE
 AKTIENGESELLSCHAFT

LINZ/DONAU, BAHNHOFSTRASSE 6